

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**

**DECANATO DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN AGRONOMÍA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN CON COMPONENTE DE  
INVESTIGACIÓN APLICADA Y/O DESARROLLO**



**TEMA:**

**FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN DOS  
DISTANCIAS DE SIEMBRA DE (*Zea mays*) VARIEDAD  
TUSILLA EN NAPO, ECUADOR**

**AUTOR:**

**MSC. JORGE LUIS ALBA ROJAS**

**DIRECTOR:**

**DR. KARINA MARÍA CARRERA SÁNCHEZ, PHD**

**PUYO – ECUADOR**

**AÑO: 2022**



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA  
DECANATO DE POSGRADO  
FORMATO DP-UT-013A

## **FORMATO DP-UT-013A: DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

### **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, **Jorge Luis Alba Rojas**, con cédula de identidad **0956385926**, declaro ante las autoridades educativas de la Universidad Estatal Amazónica, que el contenido del Proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o desarrollo titulado **"FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN DOS DISTANCIAS DE SIEMBRADO (*Zea mays*) VARIEDAD TUSILLA EN NAPO, ECUADOR"**, es absolutamente original, auténtico y personal.

En tal virtud y según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente, certifico libremente que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de titulación son de exclusiva responsabilidad de la autora; y que los resultados expuestos pertenecen a la Universidad Estatal Amazónica.

---

JORGE LUIS ALBA ROJAS  
CI. 095638592-6



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA  
DECANATO DE POSGRADO  
FORMATO DP-UT-013B

**FORMATO DP-UT-013B: CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE  
EVALUACIÓN DEL TRABAJO FINAL DE TITULACIÓN**

**EL TRIBUNAL DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO FINAL DE TITULACIÓN**

**CERTIFICA QUE:**

El presente trabajo **“FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN DOS DISTANCIAS DE SIEMBRADO (*Zea mays*) VARIEDAD TUSILLA EN NAPO, ECUADOR”**, bajo la responsabilidad del/la maestrante **JORGE LUIS ALBA ROJAS**, ha sido meticulosamente revisado, autorizando su presentación:

**MIEMBROS DEL TRIBUNAL**

**UVIDIA CABADIANA HERNAN ALBERTO**  
**PRESIDENTE DE TRIBUNAL EVALUADOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**VALLE RAMIREZ SEGUNDO BENEDICTO**  
**MIEMBRO 1**

**SANDRA LUISA SORIA RE**  
**MIEMBRO 2**



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA  
DECANATO DE POSGRADO  
FORMATO DP-UT-011




FORMATO DP-UT-011: AVAL DEL DIRECTOR DE TRABAJO TITULACIÓN

<b>MAESTRÍA EN AGRONOMÍA MENCIÓN EN SISTEMAS AGROPECUARIOS</b>	
<b>COHORTE: TERCERA</b>	<b>FECHA ELABORACIÓN: 14/07/2022</b>
<b>INFORME FINAL Y AVAL</b>	
<p>Quien suscribe, <b>Dra. Karina María Elena Carrera Sánchez</b> portadora de la cédula de identidad número: <b>1600259285</b>, en calidad de Directora del trabajo de titulación denominado: <b>"FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN DOS DISTANCIAS DE SIEMBRA DE (<i>Zea mays</i>) VARIEDAD TUSILLA EN NAPO, ECUADOR"</b>, opción Proyecto de trabajo de titulación con componentes de investigación aplicada y/o desarrollo, a cargo del maestrante Ing.. <b>JORGE LUIS ALBA ROJAS</b>, portador del número de cédula de identidad: <b>0956385926</b>, certifico haber acompañado y revisado el documento entregado a mi persona, considero que cumple con los objetivos planteados, los lineamientos y orientaciones establecidas en la normativa vigente de la institución.</p> <p>Por lo antes expuesto se avala el trabajo de titulación para que sea presentado para la sustentación correspondiente.</p>	
<b>ELABORADO POR:</b>	
	
Karina María Elena Carrera Sánchez CI. 1600259285 <b>DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	

**Document Information**

<b>Analyzed document</b>	Tesis M Tusilla JUNIO 25-06-2022.docx (D142047582)
<b>Submitted</b>	7/14/2022 5:20:00 PM
<b>Submitted by</b>	ALBA ROJAS JORGE LUIS
<b>Submitter email</b>	jalba@uea.edu.ec
<b>Similarity</b>	1%
<b>Analysis address</b>	mcarrera.uea@analysis.orkund.com

**Sources included in the report**

<b>W</b>	URL: <a href="https://core.ac.uk/download/pdf/76592198.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/76592198.pdf</a> Fetched: 11/21/2020 10:39:33 AM		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://1library.co/document/qmwoo27z-efecto-densidades-siembra-cultivo-canton-agrio-provincia-sucumbios.html">https://1library.co/document/qmwoo27z-efecto-densidades-siembra-cultivo-canton-agrio-provincia-sucumbios.html</a> Fetched: 6/16/2021 6:23:30 PM		<b>4</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://1library.co/document/zp0wgm7q-evaluacion-variedades-capsicum-densidades-invernadero-cascales-provincia-sucumbios.html">https://1library.co/document/zp0wgm7q-evaluacion-variedades-capsicum-densidades-invernadero-cascales-provincia-sucumbios.html</a> Fetched: 1/18/2022 6:34:57 AM		<b>1</b>

**Entire Document**

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA  
 DECANATO DE POSGRADO MAESTRÍA EN AGRONOMÍA PROYECTO DE TITULACIÓN CON COMPONENTE DE INVESTIGACIÓN APLICADA Y/O DESARROLLO  
 TEMA: FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN DOS DISTANCIAS DE SIEMBRA DE (Zea mays) VARIEDAD TUSILLA EN NAPO, ECUADOR  
 AUTOR: MSC. JORGE LUIS ALBA ROJAS  
 DIRECTOR:  
 DR. KARINA MARÍA CARRERA SÁNCHEZ, PHD  
 PUYO – ECUADOR AÑO: 2022  
 FORMATO DP-UT-013A: DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS  
 DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS Yo, Jorge Luis Alba Rojas, con cédula de identidad 095638592-6, declaro ante las autoridades educativas de la Universidad Estatal Amazónica, que el contenido del Proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o desarrollo titulado "Fertilización química y orgánica en dos distancias de siembra de (Zea mays) variedad tusilla en Napo, Ecuador", es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud y según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente, certifico libremente que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de titulación son de exclusiva responsabilidad de la autora; y que los resultados expuestos pertenecen a la Universidad Estatal Amazónica.  
 \_\_\_\_\_ JORGE LUIS ALBA ROJAS CI. 095638592-6  
 FORMATO DP-UT-013B: CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO FINAL DE TITULACIÓN  
 EL TRIBUNAL DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO FINAL DE TITULACIÓN  
 CERTIFICA QUE:

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios a mis Orichas por ser mi guía e iluminar mi camino y llenarme de sabiduría y fortaleza para no desmayar en todo este tiempo de estudio. A mis padres por inculcarme valores y principios a mí hijo Jorge Jesús Alba Lara mí esposa Odalis Lara Maletá, mis hermanos Adalberto, María del Carmen y Mariluz por su apoyo moral, a mis estimados amigos Dr. Reynaldo Demesio Alemán Pérez y MsC. Ernesto Marino Ibarra Tellez por su ayuda y apoyo en todo momento hasta el final de esta batalla crucial en mi formación profesional, de forma especial quienes me enseñaron a luchar por mis sueños. A mis tutores Dr. Reynaldo Demesio Alemán Pérez, Dra. Alina Ramírez Sánchez y en especial la Dra. Karina María Carrera Sánchez por su asesoría, dedicación, tiempo y conocimientos para culminar con el desarrollo de mi proyecto, a todos gracias por formar parte de esta etapa maravillosa de mi vida.

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, a Dios a mis Orichas que me dieron la fuerza, las ganas, el deseo y la constancia para poder sobrellevar cada etapa de este complicado pero satisfactorio proceso educativo en mi vida. A mi madre Carmen Rojas Lara a quien en vida fue mi padre Elio Roberto Alba Tejeda a mi linda familia. A todas las personas que son y fueron parte de mi vida, que supieron ayudar en su momento. A mis amigos que algunos empezaron por ser mis pupilos luego mis compañeros de estudio y que siempre me apoyaron.

## CONTENIDO

1. Justificación del Tema.....	¡Error! Marcador no definido.
2. Introducción .....	10
3. Problema de Investigación .....	¡Error! Marcador no definido.
4. Formulación del Problema .....	¡Error! Marcador no definido.
1. Hipótesis. ....	13
2. Objetivos .....	14
1. Objetivo General.....	14
2. Objetivos Específicos. ....	14
5. Capítulo II. Generales Fundamentación Teórica de la Investigación.....	16
1. Características del Maíz ( <i>Zea Mays</i> ). ....	16
2. Clasificación Taxonómica ( <i>Zea Mays</i> ).....	16
3. Composición Nutricional del Maíz.....	16
4. Morfología de la Planta de Maíz. ....	17
5. Estadios Vegetativos y Reproductivos. ....	18
1. Estadios Vegetativos. ....	18
2. Estadio Reproductivo. ....	19
6. Requerimientos del Cultivo.....	20
1. Climáticos.....	20
7. Manejo del Cultivo. ....	23
1. Preparación del suelo. ....	22
2. Siembra.....	22
3. Raleo.....	24
4. Rascadillo. ....	24
5. Aporque.....	24
6. Fertilización.....	24
8. Importancia de la Materia Orgánica. ....	26
9. Enfermedades y Plagas. ....	28
1. La Pudrición de la Mazorca ( <i>Fusarium moniliforme</i> ).....	28
2. Pudrición del Tallo ( <i>Stenocarpella maydis</i> ).....	¡Error! Marcador no definido.
3. Carbón del Maíz ( <i>Phyllosticta maydis</i> ). ....	¡Error! Marcador no definido.
4. Roya ( <i>Puccinia sorghi</i> ).....	¡Error! Marcador no definido.
5. Tizón foliar ( <i>Exserohillum turcicum</i> ). ....	¡Error! Marcador no definido.
6. Mancha Foliar ( <i>Curvularia lunata</i> ).....	¡Error! Marcador no definido.



6. Capítulo III. Metodología de la Investigación.....	1
1. Localización.....	1
2. Tipo de Investigación.....	2
3. Método de Investigación.....	2
4. Diseño del Experimento.....	2
5. Procedimiento experimental.....	2
1. Prueba de Germinación y Desinfección de Semillas. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2. Determinación de las Dosis de Fertilizante Orgánico (COMPOST) y Fertilizante Químico (FOSFATO DIAMÓNICO + UREA).....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3. Niveles de Extracción de Nutrientes. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
6. Análisis Estadístico .....	10
7. Referencias Bibliográficas.....	34

## Índice de Tablas

## Índice de Figuras

Figure 1 Localización del área de estudio.....	1
Anexo 2 Diseño de bloques al azar en arreglo bifactorial 2x3 .....	46

## RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo de esta investigación fue determinar el comportamiento de indicadores morfofisiológicos, componentes de rendimiento y los niveles de extracción, exportación y devolución de nutrientes al suelo de *Zea mays* L. var. Tusilla con fertilización química y orgánica en dos distancias de siembra en condiciones edafoclimáticas de la amazonia ecuatoriana. Se realizaron análisis químicos del suelo, preparación del terreno, pruebas de germinación y desinfección de semillas, preparación del terreno siembra del cultivo de maíz para evaluar los indicadores morfofisiológicos, componentes de rendimientos y niveles de absorción, exportación y devolución de nutrientes al suelo utilizando fertilización química con fosfato diamónico y urea y fertilización orgánica (Compost) a dos distancias de siembra (0,80 m x 0,20 m y 0,80 m x 0,30 m). Se realizó análisis de varianza con arreglo bifactorial, utilizando para la comparación de diferencias entre medias la prueba de rango múltiple de Tukey al 5%. Se demostró que la altura de la planta no se ve afectada por las distancias de siembra utilizadas en los diferentes momentos de desarrollo del cultivo 15, 45 y 75 días de la germinación, con mejor comportamiento a la distancia de siembra de 0,80 m x 0,30 m. En los tres momentos de medición la fertilización orgánica tuvo mayor respuesta morfofisiológica en altura de la planta, área foliar, Potencial Fotosintético y de Productividad foliar. A pesar de no tener diferencias significativas entre tratamientos para el rendimiento por parcela y agrícola resultó mejor en la fertilización orgánica de 12,42 Kg 724 m<sup>2</sup> y 5174,9 kg/ha respectivamente. Los niveles de extracción, exportación y devolución al suelo de los nutrientes N, P, K son mayores en la menor distancia de siembra y del total de elementos extraídos alrededor del 60 al 70 % fue devuelto al suelo.

**PALABRAS CLAVES:** Maíz Tusilla, fertilizantes, amazonia ecuatoriana, rendimiento, devolución de nutrientes.

## ABSTRACT

The objective of this research was to determine the behavior of morphophysiological and productive indicators and the levels of extraction, export and return of nutrients to the soil of *Zea mays* L. var. Tusilla with chemical and organic fertilization at two planting distances in edaphoclimatic conditions of the Ecuadorian Amazon. Chemical analyzes of the soil, preparation of the land, germination tests and seed disinfection were carried out to evaluate the

morphophysiological indicators, yield components and levels of absorption, export and return of nutrients to the soil using chemical fertilization with diammonium phosphate and urea and organic fertilization. (Compost) at two planting distances (0,80 m x 0,20 m and 0,80 m x 0,30 m). An analysis of variance was performed with a bifactorial arrangement, using Tukey's multiple range test at 5% for the comparison of differences between means. It was shown that the height of the plant is not affected by the planting distances used at the different moments of crop development 15, 45 and 75 days after germination, with better performance at the planting distance of 0,80 x 0,30 m. In the three moments of measurement, organic fertilization had a greater morphophysiological response in plant height, leaf area, photosynthetic potential and leaf productivity. Despite not having significant differences between treatments for the yield per plot and agricultural, it was better in the organic fertilization of 12, 42 Kg/724 m<sup>2</sup> and 5174.9 kg/ha respectively. The levels of extraction, export and return to the soil of the nutrients N, P, K are greater in the shortest planting distance and of the total elements extracted, around 60 to 70% was returned to the soil.

**KEY WORD:** Tusilla corn, fertilizers, Ecuadorian Amazon, yield, nutrient return.

## 1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

*Zea mays* L. (maíz) es una planta herbácea de la familia poaceae, clase liliópsida monocotiledónea, estudios presentan evidencias que es originaria de América, Kato et al. (2009) concluyeron que el origen del maíz se extienden a lo largo de México hasta Guatemala.

El maíz es una planta maravillosa, el segundo cereal en producción en el mundo y herencia milenaria de los pueblos mesoamericanos (Aldama et al., 2015). No cabe duda que el maíz ha sido una planta trascendental para el bienestar de la humanidad y viene contribuyendo a la seguridad alimentaria del Ecuador (Lastra et al., 2021).

La producción mundial de maíz en los últimos años fue de 1.116 millones de toneladas Paolilli et al., (2021). El Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura (México) INTAGRI destaca, su rendimiento promedio por hectárea en algunos países productores del grano considerando los períodos de 1960 a 2020, Estados Unidos de 4 t/ha a 11 t/ha, Colombia 1,6 t/ha a 3,8 t/ha, Chile 2 t/ha a partir de la década de los 80 incrementa sus rendimientos notablemente hasta lograr en el 2020 promedio de 12 t/ha superando a los EU, Brasil 1,8 t/ha a 6 t/ha y Argentina 2 t/ha a 8 t/ha (Castellanos, 2020).

La productividad de maíz duro en Ecuador con el paso de los años ha venido subiendo significativamente y para el 2020 alcanzó un promedio de 5,93 toneladas por hectárea (Vélez, 2012). La superficie destinada al cultivo de maíz, lo convierte en un cultivo primordial de Ecuador (Yáñez, 2007). Es una “fuente de diversidad genética”, siendo reportadas en Ecuador 29 variedades, localizándose 17 de ellas en la Región Andina, y los 12 restantes distribuidas en la Región Amazónica y Costa.

Las especies nativas del país (variedades criollas) presentan alta variabilidad genética, debido a factores como el cultivo cada vez mayor de variedades mejoradas con altos potenciales de rendimiento (Mera-Ovando & Mapes-Sánchez, 2009).

Silva et al. (2014) sostienen que la variedad tusilla es una variedad criolla que se puede encontrar en diferentes pisos climáticos desde 90 a 1500 msnm.; mismas que poseen hojas largas, rígidas y delgadas, los tallos también son delgados con nudos bien marcados, mazorcas cilíndricas con granos de colores amarillo naranja, circulares y rígidos.

La fertilidad del suelo es un factor clave en la producción del cereal, El cultivo de maíz es muy exigente con los requerimientos nutricionales lo cual implica tener un aporte de macro, meso y micronutrientes en función de sus necesidades considerando los aportes del suelo (Apesteguía et al., 2017). Es por esto que, con el fin de alcanzar rendimientos satisfactorios, la agricultura moderna brinda opciones de manejo sin alterar el equilibrio natural del suelo (FAO, 2001).

En el mundo la agricultura orgánica está en continuo crecimiento, tanto en hectárea como en número de fincas (Van Bueren & Myers, 2012). Según García Centeno (2006), para elevar los rendimientos del cultivo de maíz, se hace necesario aplicar fertilizantes nitrogenados, pues este elemento es muy importante como complemento de la fertilidad natural del suelo, el mismo puede ser suministrado a través de los abonos orgánicos, es prudente comentar que el rendimiento de grano de maíz se puede incrementar con una fertilización orgánica-mineral considerando una densidad de población adecuada (Guerrero Morales et al., 1987).

Según Alvarez (2015), es factible pensar que la respuesta a la densidad de siembra está condicionada por la disponibilidad de recursos fertilidad, humedad, temperatura, propiedades físicas del suelo, manejo de cultivo. Una buena densidad de población es un requisito imprescindible para obtener una buena cosecha, pues cuando las siembras quedan claras, el mayor tamaño de las mazorcas no compensa la falta de plantas, es importante considerar que existen variedades que son tolerantes a las altas densidades de siembra, otras no lo son, cuando la población es excesiva se producen plantas poco vigorosas y estériles (Meza Carranco, 2005).

El presente proyecto de investigación se orienta estudiar la influencia de la fertilización química y orgánica en dos distancias de siembra de *Zea mays* variedad criolla tusilla, la evaluación de variables morfofisiológicas, componentes de rendimientos y los niveles de absorción, exportación y devolución de nutrientes al suelo en las condiciones edafoclimáticas del CEIPA Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica ubicado en el Cantón Julio Arosemena Tola provincia de Napo Ecuador.

## **1.1. PROBLEMA CIENTÍFICO**

La variedad de maíz criollo (*Zea mays*) Tusilla se cultiva con frecuencia en la zona de Pastaza, Napo, Morona Santiago, Sucumbíos y en algunas provincias serranas. Constituye parte de la base alimentaria de estos segmentos de la sociedad, que le permiten el sustento y la seguridad alimentaria de las familias rurales. Sin embargo, aunque es una variedad extendida por estas zonas, son pocos los estudios de investigación desarrollados, por lo que no se tiene claro y definido su comportamiento y actividades de manejo en el ámbito productivo.

Este trabajo estudia el comportamiento de esta variedad criolla de maíz en las condiciones edáficas de baja fertilidad en la Amazonía Ecuatoriana. Se evaluó cómo influyen los factores combinados distancia de siembra, tipos de fertilizante orgánico compost y químicos fosfato diamónico y urea en las variables morfofisiológicas, componentes de rendimiento y niveles de extracción, exportación y devolución de nutrientes al suelo de la variedad de maíz Tusilla bajo las condiciones edafoclimáticas del CEIPA Provincia Napo.

## **1.2. HIPÓTESIS.**

Si se combinan adecuadamente el tipo de fertilización y la distancia de siembra, se puede alcanzar una respuesta favorable en los indicadores morfofisiológicos y productivos de la variedad de maíz Tusilla en las condiciones edafoclimáticas del CEIPA provincia Napo.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar el comportamiento de indicadores morfofisiológicos, productivos y los niveles de extracción exportación y devolución de nutrientes al suelo de *Zea mays* L. var. Tusilla con fertilización química y orgánica en dos distancias de siembra y la combinación de estas, en las condiciones edafoclimáticas del CEIPA provincia Napo Ecuador.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar las variables morfofisiológicas del cultivo *Zea mays* L. variedad Tusilla con fertilización química y orgánica en dos distancias de siembra en las condiciones edafoclimáticas del CEIPA.

- Identificar la influencia de la distancia de siembra y tipo de fertilizante en los componentes de rendimiento del cultivo *Zea mays* L. variedad Tusilla en las condiciones del CEIPA.
- Analizar los niveles de extracción, exportación y devolución de nutrientes al suelo de la variedad de maíz Tusilla con fertilización química y orgánica en dos distancias de siembra.

## **2. CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MAÍZ (*Zea mays*)**

Las regiones montañosas con climas de invierno que se alternaban con lluvias de verano fueron el ecosistema donde se desarrolló el maíz, misma que estaba ocupada por el género *Tripsacum*. Las tres teorías más apoyadas sobre el origen de esta especie mencionan que proviene de: “1) una forma de maíz silvestre, 2) un teocintle silvestre, 3) un antepasado desconocido (ni maíz silvestre ni teocintle)”, dichas teorías se fundamentan en los distintos campos de investigación, sobre este tema (Mera-Ovando & Mapes-Sánchez, 2009). Quedan por resolverse preguntas importantes con relación al proceso de domesticación y la definición uni o multicéntrica del origen y diversidad del maíz.

### **2.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA (*Zea mays*).**

*Zea mays* se considera como una especie de gran importancia económica dentro de las Maydeas (PALIWAL, 2001). Su clasificación taxonómica está bien estudiada (GBIF, 2013).

- Reino Plantae.
- División Magnoliophyta.
- Clase Liliópsida.
- Orden Poales.
- Familia Poaceae.
- Género *Zea*

### **2.3. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL MAÍZ**

Existen varias maneras de aprovechar los granos de maíz, posee hidratos de carbono como azúcares sencillos en forma de fructosa, sacarosa y glucosa Sánchez Ortega & Pérez-Urria Carril, (2014). Por cuanto el maíz es una fuente de energía pues en su composición predominan los hidratos de carbono en particular el almidón. Es de resaltar que el genotipo, la variedad, las actividades de manejo agronómico influyen en las propiedades nutricionales, funcionales y organolépticas de los productos derivados, las proteínas son el segundo componente predominante en granos de maíz y su contenido varía entre 6 – 12%, (Mansilla, 2018).



## **2.4. MORFOLOGÍA DE LA PLANTA DE MAÍZ**

La morfología de los órganos de plantas de maíz según Fassio et al. (1998), se describe de la siguiente manera:

**2.4.1. RAÍZ.** Es de consistencia fibrosa, cubierta de radículas capilares de color blanco, y puede echar “raíces adventicias en los nudos de la cofia que está cerca al cuello” llamadas zancos o fulcreas que funcionan para el sostén y anclaje de la planta al sustrato donde se desarrolla.

**2.4.2. TALLO.** La caña o tallo es erguido, tubular, un poco apretado en su parte superior, posee nudos muy marcados que lo dividen en trechos o entrenudos. En la parte interna consta de un elemento blanco, poroso, húmedo y compuesto de conductos muy finos, que contienen un líquido acuoso y dulce.

**2.4.3. HOJAS.** Las hojas del maíz se distribuyen a lo largo del tallo de manera alterna, son ligeramente aserradas en el borde, ásperas, venosas, alargadas y puntiagudas al final de la hoja, se alzan siguiendo el tallo y doblándose formando un arco. Tiene vainas en forma longitudinal que nacen en los nudos de la caña y la ciñen a la base, poseen nervaduras paralelinervias y en ocasiones están provistas de apéndices llamados tricomas o pelos glandulares dependiendo de la variedad.

**2.4.4. FLORES.** Es típicamente monoica, consta de dos órganos florales bien diferenciados; la mazorca o espiga verdadera que corresponde a la flor femenina, que nace en los nudos de la caña y la panoja o flor masculina más conocida como inflorescencia en forma de panícula; situada en la parte superior de la caña.

**2.4.5. ESPIGA.** Es una inflorescencia compuesta de racimos y su vez formada de espigas que disminuyen de tamaño mientras se acercan al ápice y llegado el momento fecundan la flor femenina.

**2.4.6. MAZORCA.** Es el fruto de la planta de maíz, consta de un eje central llamado zuro, raquis, olote o tusa, a la cual se fijan los granos formando hileras de varias formas.

Según Cordero Ruíz (2012) describen que “el fruto y la semilla forman un solo cuerpo que tienen la forma de una cariósida brillante, de color amarillo, rojo, morado, blanco, negro que se los denomina vulgarmente como granos dentro del fruto que es el ovario maduro, la semilla está

compuesta de la cubierta o pericarpio, el endospermo amiláceo y el embrión o germen, pesa aproximadamente 0,3 gramos dependiendo de la variedad.”

## **2.5. ESTADIOS VEGETATIVOS Y REPRODUCTIVOS**

El desarrollo del cultivo es un fenómeno netamente cualitativo, siendo un conjunto de etapas que inicia con la germinación de la semilla, hasta llegar a la floración, formación del fruto. El ciclo consta de etapas bien diferenciadas: desarrollo vegetativo y desarrollo reproductivo (Fassio et al., 1998).

### **2.5.1. ESTADIOS VEGETATIVOS**

Los estadios vegetativos que constan de las siguientes etapas según Carlos Yanez et al. (2013).

**2.5.1.1. VE.** Emergencia: cuando la semilla cumple la fase de imbibición, rompe la latencia, emerge la radícula, enterrándose en la tierra o sustrato, provista de geotropismo positivo, el hipocótilo se elonga, creciendo en busca de luz solar provisto de fototropismo positivo.

**2.5.1.2. V1.** Primera hoja: Aparecimiento o brote de la primera hoja, rápidamente luego de la emergencia.

**2.5.1.3. V2.** Segunda hoja: rápidamente luego del brote de la primera hoja, la segunda hoja emerge y se forma el primer par de hojas verdaderas.

**2.5.1.4. V3.** Tercera hoja: a los ocho días aproximadamente luego de que la planta emergió, presenta 2 hojas y a los 12 días 3 hojas. En esta etapa el ápice del tallo aún se encuentra debajo del suelo, en este instante empiezan a formarse las espigas y hojas que eventualmente podría producir la planta, si alguno de los órganos en esta etapa se expone a los vientos, granizo o heladas, no tendría un efecto importante en el posterior crecimiento y rendimiento de la planta.

**2.5.1.5. V(n).** Enésima hoja: A los cincuenta y seis días luego de la emergencia la planta presenta 14 hojas y a los dos meses 15 hojas, estando a 10 o 12 días de la etapa R1, el cual es la etapa crucial para rendimiento del grano.

**2.5.1.6. VT.** Panojamiento: Esta fase se inicia a los 2-3 días aproximadamente antes de la salida de los pelos (estigmas), tiempo en que la planta ha crecido totalmente y empieza a liberar el polen. El transcurso de las etapas de VT y R1 varían considerablemente en dependencia de las condiciones edafoclimáticas y del cultivar.

## **2.5.2. ESTADIO REPRODUCTIVO**

El estadio reproductivo posee las siguientes etapas (Carlos Yanez et al., 2013).

**2.5.2.1. R1.** Luego de 66 días aproximadamente cuando algunos pelos se pueden observar fuera de las espigas, comienza la etapa R1. Para que todos los pelos de la espiga se puedan observar y se polinicen es necesario de 2 a 3 días, la polinización ocurre cuando los granos de polen son depositados sobre los pelos, si la planta sufre un estrés hídrico entre dos semanas antes y después de la R1, se puede alterar la producción de grano, además puede ser afectado por granizo, temperaturas altas o deficiencias nutricionales. El periodo cercano a la floración que comprende cuatro semanas es vital para las zonas en que el cultivo de maíz requiere de riego.

**2.5.2.2. R2.** Ampolla: Cerca a los 10-14 días luego de la aparición de los pelos, la mazorca alcanza o está por culminar su crecimiento completo. Los pelos (estigmas) se oscurecen y empiezan a caer luego de cumplir su función en la floración. El porcentaje de humedad de los granos de maíz disminuirá gradualmente hasta el momento de la cosecha, presentando en esta etapa un 85% de humedad.

**2.5.2.3. R3.** Lechoso: alrededor de 18-22 días luego de la emergencia de pelos, el grano por fuera es de un color amarillo y el líquido interno es blanco lechoso debido a su contenido de almidón. La acumulación de materia seca del grano es muy rápida, conteniendo un 80% aproximado de humedad. El tamaño y el peso del grano son factores determinantes en el rendimiento final, mismo que pueden verse afectados por carencias nutricionales.

**2.5.2.4. R4.** Pastoso: el líquido interno del endospermo se convierte en una sustancia pastosa consecuencia de la acumulación progresiva de almidón.

**2.5.2.5. R5.** Dentado: cuando aparece una capa dura de almidón en la parte superior del grano, está empezando a secarse.

**2.5.2.6. R6.** Madurez fisiológica: este estadio se da cuando todos los granos lograron su peso máximo o acumularon al máximo la materia seca, formando “una abscisión marrón o negra en la parte de inserción del grano a la mazorca”, misma que es un indicador de que se ha completado el crecimiento del grano y acumulación de materia seca, la humedad varia en dependencia de los factores ambientales y del cultivar, teniendo en R6 de 30-35%.

## **2.6. REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO**

### **2.6.1. CLIMÁTICOS**

El cultivo de maíz es exigente a condiciones climáticas específicas Villaseca and Novoa (1987) ratifica que para un crecimiento favorable el cultivo de maíz necesita factores adecuados de heliofanía, temperatura y humedad. En Ecuador existen algunas razas de maíz criollo las cuales presentan diversas características agro-morfológicas que prácticamente le permiten al cultivo de maíz crecer en casi cualquier condición de clima y suelo (Ron-Parra et al., 2006). El CEIPA comprende 2840,28 ha, con un 70 % de bosque primario, con vegetación caracterizada por bosques húmedos lluviosos tropicales; con temperaturas promedio que oscilan entre 23 – 24 °C, la pluviometría anual entre 3655 y 5500 mm, este escenario amazónico cuenta con una alta diversidad florística y faunística” (García-Rodríguez et al., 2019).

El éxito del cultivo depende de las condiciones climáticas, principalmente de la intensidad y distribución de las precipitaciones. Estas variaciones producen cambios y estímulos fisiológicos que modifica las apariencias de las plantas, de acuerdo con ciertos ritmos periódicos, llamados fases de desarrollo o fases fenológicas (Monasterio et al., 2007).

Del mismo modo Azuke indicó que el ciclo biológico cambia con el genotipo y con los factores del clima, es decir que las plantas del mismo genotipo sembradas bajo distintas condiciones climáticas, pueden presentar diferentes estados de desarrollo después de transcurrido el mismo tiempo cronológico (Ríos et al., 2016). Es así que en las zonas maiceras de nuestro país se hace necesaria la generación de información local para el mejor aprovechamiento de recursos suelo, hídrico, climático y económico con el fin de elevar la productividad.

### **2.6.2. PLUVIOMETRÍA**

Este un factor clave en la producción de maíz, Granados Ramírez & Sarabia Rodríguez, (2013) indica que el maíz se desarrolla muy bien cuando recibe una pluviosidad de 1000 a 2000 mm durante el ciclo, una temperatura promedio de 24,5°C y un mínimo de 2,2 horas de luz diariamente.

### **2.6.2. TEMPERATURA**

El maíz requiere una temperatura de 25 a 30°C. Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20°C. El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8°C y a partir del 30°C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32°C. Este factor ejerce una influencia decisiva en la germinación de la semilla y tiene una gran importancia en los procesos vegetativos y reproductivos de la planta (Díaz del Pino, 1964).

### **2.6.3. HELIOFANÍA**

Según Granados Ramírez & Sarabia Rodríguez, (2013), mencionan que la luz es indispensable para la vida de las plantas, pues a ellas se debe la formación de la clorofila y la actividad fotosintética, cuando existe más heliofanía y luminosidad, habrá mayor asimilación de foto asimilados para la formación de los hidratos de carbono, como son: la celulosa, el almidón y la glucosa, materia seca, biomasa, proteínas, aminoácidos, grasa.

### **2.6.4. HUMEDAD DEL SUELO**

El maíz es un cultivo exigente al agua en el orden de unos 5 mm al día. Las necesidades hídricas van variando a lo largo del ciclo fenológico del cultivo, en la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere. Según Segura and Andrade (2011), la cantidad total de la lluvia caída durante el periodo vegetativo son fundamentales para el crecimiento y el rendimiento en grano de maíz. Hay dos épocas en que el maíz necesita más agua: cuando está en su primera fase de crecimiento y cuando está en el tiempo de la floración y fructificación. Cuando el agua escasea en el período de crecimiento este se detiene.

### **2.6.5. SUELO**

El maíz se adapta muy bien a todo tipo de suelo, pero suelos con pH entre 6 a 7 son a los que mejor se adaptan. También requieren suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buen drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular. Según Barandiarán Gamarra (2020) los suelos para el cultivo de maíz deben ser “franco-arcilloso” o “francos”, con abundante materia orgánica, sueltos, profundo, con buen drenaje superficial e interno que permitan un normal crecimiento y desarrollo del sistema radicular de las plantas de maíz.

#### **2.6.6. PREPARACIÓN DEL SUELO**

La preparación del terreno es el paso previo a la siembra, se recomienda efectuar una labor de remoción al terreno con grada para que el terreno quede suelto y sea capaz de tener cierta capacidad de captación de agua sin encharcamientos, con esto se pretende que el terreno quede esponjoso sobre todo la capa superficial donde se va a producir la siembra.

La preparación del suelo se debe realizar dos meses antes de la siembra, para permitir que se descompongan los residuos, controlar insectos y malezas. Berru García (2015) mencionan que el proceso inicia rompiendo la capa arable, con uso de tractor agrícola o herramientas manuales, posteriormente se realiza el mullido, nivelado y surcado.

En las condiciones edafoclimáticas, geográfica y topográfica de la zona rurales de la provincia de Pastaza y muchos recintos de Napo la topografía es irregular y accidentada, suelos migajosos donde predominan las arcillas, existe un alto régimen pluvial que por lo general mantiene los suelos sobre humedecidos prevaleciendo el agua gravitacional o libre, lo que impide el uso de maquinaria por cuanto las condiciones, la forma de preparar el suelo y la cultura del productor es limpieza de las malezas rosando con machete, moto guadaña uso de químicos dejando el suelo libre de malezas y listo para la siembra, no se ejecutan surcos o guachos el suelo queda en plancha o llano listo para sembrar, en muchos casos esto se hace en sistema de chacra donde existe la asociación de cultivos.

#### **2.6.7. SIEMBRA**

Antes de efectuar la siembra se seleccionan aquellas semillas resistentes a enfermedades, virosis y plagas, se siembra a una profundidad de 5 cm, la siembra se puede realizar a golpes, en llano o a surcos, la separación de las líneas de 0,80 m a 1 m y la separación entre los golpes de 20 a 25 cm.

Época de siembra: la fecha de siembra está en dependencia de la zona o localidad, la cantidad de lluvias y de la disponibilidad de agua para riego. La siembra consiste en la colocación de la semilla en el fondo del surco Gómez et al., (2010), según Chura et al., (2019), la siembra se realiza a una distancia entre plantas de 0,20 m – 0,30 m utilizando 2 semillas por golpe logrando una densidad entre 62500 a 73520 plantas/ha, mientras que Iglesias Abad et al., (2018) sostiene la distancia de siembra a 0,80 entre surcos y 0,20 entre plantas. Para la selección de la semilla es importante considerar su calidad genética y agronómica, la cantidad de semilla para una hectárea es de 25 Kg (Noriega, 2001).

En las zonas rurales de las provincias Pastaza y Napo, en particular en las comunidades indígenas hoy se mantienen culturas ancestrales según experiencias vividas y contadas por los productores Rafael Licuy y Bernabé Huatatoca de la nacionalidad Kichwa, es normal ver sembrando maíz a boleto, otra variante utilizando espeque, sembrado en hileras en terreno llano sin presencia de surcos o guachos a un marco de 0,40 m entre hileras y 0,20 m entre plantas, en terrenos preparados con herramientas manuales como machete, azadón, rastrillo suele sembrarse a 0,40 m entre hilera y entre plantas a lo que da el pie del productor (0,20 m – 0,25 m) más menos. Hoy en día hay productores que con el asesoramiento de investigadores, estudiantes y docentes de las Universidades del Ecuador y el asesoramiento del MAC establecen el cultivo a marcos de siembras con distancias que varían entre hileras de 0,40 m - 1 m y entre plantas 0,20 – 0,25 m.

La Ing. Jessica Urquiza técnica de MAC quien labora en el Cantón Santa Clara provincia Pastaza, está fomentando en la zona las variedades de maíz híbrido EMBLEMA y DK- 7088 así como la criolla Tusilla, quien capacita a los productores para realizar la siembra en surcos a doble hilera con una distancia entre plantas 0,20 m entre la doble hilera 0,40 m y entre surcos 0,80 m. logrando un coeficiente de uso del suelo superior y mejores rendimientos.

### **2.6.8. LABORES CULTURALES**

Las atenciones culturales que se le realizan a los cultivos económicos van encaminadas a la protección de las plantas contra diversos agentes y circunstancias que se oponen al normal crecimiento y desarrollo de las mismas, son una vía necesaria que contribuye a lograr mejores rendimientos (Pumisacho & Sherwood, 2002). En consonancia con Carlos Yanez et al. (2013)

sostienen que la utilización de maquinaria agrícola, tipo de agricultura y sistema de producción definen las labores culturales que el productor realice en el cultivo de maíz. En Ecuador se realizan las siguientes labores culturales:

#### **2.6.8.1. RALEO**

Es una labor cultural que se realiza cuando la planta tiene de 0,25 m a 0,30 m de altura, dejando de una a dos plantas por golpe.

#### **2.6.8.2. RASCADILLO**

Es la limpieza manual de las malezas; realizada de los 0 a 45 días después de la siembra, en la etapa crítica de competencia; elimina malezas, mejora el drenaje, la percolación del agua, mejora la aeración del suelo y el sistema radical del cultivo.

#### **2.6.8.3. APORQUE**

Realce o aporque, labor agrícola que consiste en arrimar tierra al pie de las plantas, con variados propósitos según el tipo de cultivo (Socorro & Martín, 1989). Según Chacón et al., (2014); el aporque tiene varias finalidades, acercar suelo enriquecido con nutrientes al pie de las plantas, eliminar malezas, facilitar el drenaje, mejorar la aireación alrededor de las plantas y servir de apoyo a ciertos cultivos cuyo sistema radical no es fuerte, entre otras cuestiones.

#### **2.6.8.4. CONTROL DE MALEZAS**

El control de malezas en el cultivo del maíz es de gran importancia, son un problema permanente en la agricultura por ser plantas agresivas, dada su adaptación al medio, una alta diseminación y propagación, por lo que afectan el normal crecimiento y desarrollo del cultivo, debido a que disminuyen los niveles de agua, nutrientes, luz y CO<sub>2</sub>, provocan la disminución drástica de la calidad del cultivo y el rendimiento agrícola, aunado a que son además hospedadoras de plagas y enfermedades (Chamba et al., 2017).

Cabe recalcar que las malezas compiten con el cultivo de maíz por nutrientes, agua, luz y espacio, además dificultan las tareas de cosecha y desvalorizan el producto final, generando importantes costos para su control y significativas pérdidas económicas (Fernández, 1982). En Ecuador se debe realizar un buen Manejo Integrado de Malezas (MIM), como base de las actividades de protección vegetal y en especial al cultivo de maíz (Sattin et al., 2004).



### 2.6.8.5. FERTILIZACIÓN

El mantenimiento de la capacidad productiva de las tierras agrícolas requiere integrar prácticas importantes entre las que juega un rol fundamental el tratamiento agronómico que se da al terreno, cultivo, los distintos componentes que forman el ecosistema como los factores bióticos y abióticos y sus interacciones, la nutrición vegetal y el mejoramiento del recurso suelo que permitan un manejo adecuado de los nutrimentos para evitar su carencia o pérdidas y asegurar un normal crecimiento, desarrollo y altos potenciales de rendimiento en el cultivo de maíz, en este sentido es vital considerar las características climáticas, edáficas y productivas del terreno del área de estudio.

Cabe destacar que las enmiendas y en especial la fertilización que se hace a este cultivo son decisivas para obtener buenos resultados en la cosecha de granos y de biomasa cuando tiene fines forrajeros, se debe considerar que la absorción de los nutrientes del cereal varía de acuerdo a la fase fenológica y al órgano que se analice. *Zea maíz* moviliza algunos nutrientes y los transloca de un órgano a otro, el nitrógeno es el mineral más demandado por el cultivo garantizando un follaje abundante que define la fotosíntesis y producción de bio asimilados por las plantas (Benimeli et al., 2019), este ion está altamente expuesto a su pérdida por lixiviación y volatilización, fácilmente puede ser lixiviado por el agua hasta las capas más profundas y volatilizado por los factores climáticos, afectando la disponibilidad para las plantas (Benimeli et al., 2019). mientras que Bragado et al., (2014) menciona que el N es el macronutriente fundamental para el crecimiento vegetativo del cultivo de maíz, se le considera el nutriente limitante para el desarrollo de la planta.

El fósforo (P) es uno de los elementos esenciales para el desarrollo de la planta, cumple con múltiples funciones entre ellas la captación, almacenamiento, transferencia de energía y como componente básico en las estructuras de las macromoléculas nucleicos y fosfolípidos (Guecaimburu et al., 2019). el fosforo contenido en los granos proviene de dos fuentes un 50 % es absorbido del suelo e integrado directamente al grano y el resto es absorbido en etapas previas al llenado de estos, este se aloja en hojas y tallos y participa en algunos procesos fisiológicos, para posteriormente de un 54 a 74 % del macronutriente es movilizado al grano, así pasa con nitrógeno y el azufre, aunque en otras proporciones.

El potasio al igual que el nitrógeno y el fósforo es un nutriente importante para el cumplimiento

de los diferentes procesos metabólicos como son la fotosíntesis y la sinterización de las proteínas y los carbohidratos; además, de intervenir en el balance de agua y crecimiento de los meristemas, interviene en el crecimiento vegetativo, fructificación, maduración y calidad de frutos (INTAGRI, 2017).

El maíz necesita para su desarrollo ciertas cantidades de elementos minerales. Las carencias en la planta se manifiestan cuando algún nutriente está en defecto o exceso. Se recomienda un abonado rico en P y K. En cantidades de 0.3 kg de P en 100 kg de fertilizantes. Un aporte de nitrógeno N en mayor cantidad, sobre todo en época de crecimiento vegetativo. La labor se efectúa normalmente según las características de la zona de siembra. No obstante, se aplica una dosis baja en la primera época de desarrollo de la planta hasta que tenga de 6 a 8 hojas. A partir de aquí se recomienda aplicar de

N: 82% (abonado nitrogenado).

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 70% (abonado fosforado).

K<sub>2</sub>O: 92% (abonado en potasa)

Es importante realizar un abonado ajustándose a las necesidades presentadas por la planta de una forma controlada e inteligente. Debido a la participación en las funciones específicas y esenciales en la planta, excluyendo al H, O y C que son aportados a la planta por el agua y el aire, los elementos de la fertilidad se definen de acuerdo a la cantidad en que las plantas los demanda.

- Elementos principales: Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (K).
- Elementos secundarios: Azufre (S), Calcio (Ca), Magnesio (Mg).
- Microelementos: Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Boro (B), Molibdeno (Mo), Cobre (Cu).

Es común pensar que los microelementos al requerirse en cantidades muy pequeñas no limitan el crecimiento y desarrollo de los cultivos, esto es equivocado ya que, si alguno de ellos no se encuentra presente en la concentración requerida, el rendimiento del cultivo se ve afectado negativamente. Cada planta posee su mínimo, óptimo o máximo de tolerancia para cada uno de los elementos citados (Castellanos, 2020).

### **2.6.8.5.1. FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y SU IMPORTANCIA**

El modelo agrícola convencional se ha relacionado con mayor productividad, no obstante, también ha sido severamente cuestionado por los problemas ecológicos, ambientales y sociales

que provoca. Entre los cuales se mencionan: la dependencia a combustibles fósiles, el creciente uso de pesticidas, degradación y pérdida de los recursos naturales y la biodiversidad, la salud de agricultores y consumidores Abreu et al., (2012), es importante considerar estos paradigmas puesto que el área de influencia de la investigación está enclavada en un ecosistema muy frágil y degradado la Región Amazónica Ecuatoriana que con el paso de los años es cada vez más dañado por esta situación, el cambio de uso de los suelos, la explotación petrolera, la deforestación en masa, explotación maderera irresponsable sin planes de manejo, la pérdida de carbono de los suelos, la acidificación de los suelos, la contaminación de las aguas entre otros.

La materia orgánica (MO) del suelo es un componente clave dentro de los ecosistemas naturales. Está íntimamente relacionada con las características edafoclimáticas del sitio y afecta directa e indirectamente la estabilidad del agro sistema. Su importancia ha sido reconocida desde la antigüedad y actualmente es considerada como uno de los atributos más importantes para definir la “calidad de los suelos”, ha sido definida “la fracción orgánica del suelo, excluidos los residuos animales y vegetales aún no descompuestos” Committee & America, (2008) y se ha utilizado como sinónimo del humus (Schnitzer, 1999). Sin embargo, representa un sistema complejo de sustancias cuya dinámica es gobernada por el aporte de residuos orgánicos y por la transformación continua a través de factores biológicos, químicos y físicos.

El principal constituyente de la MO es el C, que llega a representar entre el 40 y 60% dependiendo del estado de transformación. Las plantas en presencia de agua, nutrientes y energía toman el CO<sub>2</sub> del aire para transformarlo en compuestos orgánicos. Una vez concluido el ciclo de la planta o alguna de sus partes, ingresa al suelo donde es activamente transformado por los microorganismos. En este proceso, los microorganismos obtienen nutrientes y energía; una gran parte del C se pierde como CO<sub>2</sub> y otra sufre diferentes transformaciones de resíntesis y polimeración dando lugar a las sustancias húmicas (Galantini et al., 2004).

La productividad de los cultivos y la MO del suelo, están estrechamente relacionados entre sí y resultan fundamentales para la sustentabilidad de los agro sistemas. La productividad de los cultivos incide sobre la dotación de MO de suelo a través de la cantidad y calidad de los residuos que se incorporan al ciclo del C. A su vez el contenido de MO de los suelos, es un factor clave de su fertilidad física y química que influye sobre la productividad. Por esto, es necesario

conocer los factores de manejo agronómico más importantes que impactan sobre ambos (Andriulo et al., 2001 y Quiroga et al., 2008).

### **2.6.8.6. ENFERMEDADES Y PLAGAS**

El control de enfermedades y plagas se realiza de forma preventiva a partir de un buen manejo del sembrío, libre de plantas indeseables, un adecuado plan de fertilización que satisfaga los requerimientos nutricionales del cultivo, cumpliendo los programas de rotación de cultivos en las fincas, si se aprecia en campo la incidencia de las mismas, usando métodos de control cultural, biológicos, químico, etológico, mecánico, genético.

Según Carlos Yanez et al. (2013) las principales enfermedades y plagas del maíz son.

#### **2.6.8.6.1. ENFERMEDADES PRINCIPALES.**

- La Pudrición de la Mazorca (*Fusarium moniliforme*).
- Pudrición del Tallo (*Stenocarpella maydis*).
- Carbón del Maíz (*Phyllochora maydis*).
- Roya (*Puccinia sorghi*).
- Tizón foliar (*Exserohillum turcicum*).
- Mancha Foliar (*Curvularia lunata*).

#### **2.6.8.6.1. INSECTOS PLAGA PRICIPALES**

- Cogollero (*Spodoptera frugiperda*).
- Cañero (*Diatraea saccharalis*).
- Choclero o mazorquero (*Helicoverpa zea*).

### **2.6.9. DENSIDAD DE SIEMBRA Y SU IMPORTANCIA**

La densidad de población o densidad de siembra es una estrategia decisiva e importante en la propagación o siembra de *Zea mays*, de una adecuada selección de esta en función de algunos factores como variedad, condiciones y tipo de suelo, características del clima y en particular la heliofanía, nubosidad y régimen de precipitaciones para efectivizar la captura de los rayos solares en el sembrío, y por ende para la obtención de mejores rendimientos al momento de la cosecha.

En consonancia con eso Tinoco y colaboradores señalan que la densidad de siembra permite al productor aumentar el rendimiento del cultivo por unidad de superficie; debido a que la radiación fotosintéticamente activa, ubicada en longitudes de onda de 400 a 700 nm es mejor aprovechada por el cultivo, traduciéndose en materia seca, biomasa y en rendimiento por las plantas (Tinoco Alfaro et al., 2008), según estos investigadores la variación de la distancia de siembra permite regular la heliofanía los fotones de luz al llegar al follaje son mejor aprovechada por el cultivo (Strieder et al., 2008). Una densidad de plantas alta es debido a que los marcos de narigón y camellón o ambos son menores o están por debajo de lo requerido por las plantas lo que afecta enormemente la captura de luz y por consiguiente la productividad, debido a que gran porcentaje de los rayos solares no son captadas por las plantas lo cual deriva en un menor contenido de materia seca en el follaje, Hörbe et al. (2013) encontraron que la dosificación de la cantidad de semillas por zonas de manejo aumentó el retorno económico, resultados similares ratifican que las densidades de siembra están directamente relacionadas con los rendimientos los modelos de manejo del cultivo y sus resultados económicos (Bragachini et al., 2012).

Plantas con menor cantidad de hojas y hojas erectas requieren de mayores densidades para así poder cubrir totalmente la superficie del suelo. Es por esto que los híbridos modernos de maíz, cuya arquitectura de plantas tiene tales características morfológicas, presentan una mejor respuesta al aumento de la densidad para una mayor producción de grano. El uso de altas densidades de población en maíz se traduce en un mejor uso del terreno, considerando la variedad, el clima y las características edáficas de la zona (Sánchez et al., 2000; Subedi et al., 2006). Como distancias recomendadas en términos generales para la siembra de maíz varían entre 70 a 80 cm incluso menos, cuando los cultivares se muestran de baja estatura, mientras que para aquellos con mayor área foliar y altura se recomienda 90 cm. El maíz al igual que la mayoría de los cultivos agrícolas, se ve fuertemente influenciado por la disponibilidad de

recursos como las sales minerales del suelo, el agua, la radiación solar, temperatura los cuales modifican marcadamente la respuesta a la densidad de siembra.

En condiciones de buena disponibilidad de recursos hídricos y nutrientes en el suelo, junto a densidades elevadas se puede llegar a obtener rendimientos considerablemente altos, es prudente señalar que los llamados maíces modernos como muchos híbridos, transgénicos y otros denominados de alto rendimiento. Mientras que Marengo Lucas y Martini Santiago (2021), destacan la importancia de la correcta elección de la densidad de siembra.

Esta le permite al cultivo poder captar todos los recursos que le ofrece el ambiente para poder alcanzar el máximo rendimiento sin redundar en costos excesivos, por cuanto las altas densidades logran alcanzar rendimientos potenciales y los mejores márgenes económicos.

#### **2.6.10. NIVELES DE EXTRACCIÓN, EXPORTACIÓN Y DEVOLUCIÓN DE NUTRIENTES AL SUELO POR PLANTAS DE MAÍZ**

El diagnóstico de fertilidad de los cultivos requiere del conocimiento previo de los niveles de absorción y extracción en el órgano cosechable para el logro de un rendimiento objetivo. Es importante tener siempre presente la diferencia semántica que existe entre las palabras, “*absorción*” y “*extracción*”. Se entiende por absorción la cantidad total de nutrientes absorbidos por el cultivo durante su ciclo de desarrollo. El término extracción, es la cantidad total de nutrientes en los órganos cosechados: grano, forraje u otros. La diferencia entre los términos es significativa al momento de las recomendaciones de fertilización bajo el criterio de reposición.

Los requerimientos de absorción y extracción se expresan en términos de kg de nutrientes por tonelada de grano o materia seca.

El manejo eficiente de cualquier cultivo se basa en el conocimiento adecuado de las diferentes fases de crecimiento durante el ciclo fenológico. Las características de estas etapas están determinadas por la constitución genética de la planta, por las condiciones climáticas, edáficas y de manejo agronómico predominantes en el entorno, es importante conocer como crece la planta

y la dinámica de acumulación de los nutrientes en las diversas etapas y por órganos del cultivo (Solórzano, 1999).

En los últimos años se han desarrollado en Ecuador nuevos genotipos de maíz con mayor capacidad productiva. El conocimiento de la fenología y la dinámica de los nutrientes en la planta es una excelente ayuda para ajustar el manejo de la nutrición, la relación entre el crecimiento de plantas de maíz y los patrones de acumulación de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), azufre (S), magnesio (Mg), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn) y manganeso (Mn). Este conocimiento permite el uso eficiente de los fertilizantes en la nutrición del cultivo.

Por tal razón, es necesario determinar la capacidad de extracción de minerales por parte del cultivo de maíz y el flujo de nutrientes entre suelo y planta, para determinar la residualidad de los minerales que beneficiará al suelo y cultivos posteriores según el plan de rotación de cultivo que planifique la finca, lote, unidad de producción.

### 3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. LOCALIZACIÓN DEL ÀREA DE ESTUDIO

La investigación se estableció en el Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónico (CEIPA) que se encuentra localizado en la Región Amazónica Ecuatoriana, en la Provincia de Napo, en el Cantón Carlos Julio Arosemena Tola; vía Napo Km 44, en las coordenadas geográficas 178509 de latitud sur y 9862927 de longitud oeste, a una altura de 550 a 1 200 msnm (Figura 1). Su clima es de bosque tropical húmedo, con temperaturas promedio que oscilan entre 23 – 24 °C, la pluviometría anual entre 3655 y 5500 mm, el referido centro de investigación comprende 2848,20 ha mismo que cuenta con una alta diversidad biológica (Ramírez et al., 2016).



Figura 1. Localización del área de estudio



### **3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación desarrollada fue experimental, en el cual se realizó el montaje del experimento en campo y se evaluó el efecto de diferentes fertilizantes y distancias de siembra en el maíz Tusilla.

### **3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

Los métodos utilizados en la investigación: observación, medición y experimental.

### **3.4. TRATAMIENTO DE DATOS**

Se implementó un diseño de bloques completos al azar en arreglo bifactorial 2x3. Los tratamientos utilizados fueron: distancia de siembra (D1: 0,80 m x 0,20 m) y (D2: 0,80 m x 0,30 m), con tres subtratamientos de fertilización (F1: fertilización mineral, F2: fertilización orgánica, SF: sin fertilizante) la combinación de estos da como resultado seis tratamientos los que fueron replicados tres veces.

El diseño de experimento (Anexo 1) se replanteó en el terreno, en una superficie total 607, 5 m<sup>2</sup>, el área activa o neta fue de 432 m<sup>2</sup> conformada por 18 parcelas, con una dimensión de 6 m x 4 m para una extensión de 24 m<sup>2</sup>. Se construyeron zanjas de drenaje para evitar el encharcamiento y crear en el suelo un régimen aire – agua – nutritivo, acorde a las exigencias del cultivo que garantice un normal crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz de forma homogénea en todo el experimento.

#### **3.4.1. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

#### **MUESTREO DE SUELO PARA ANÁLISIS QUÍMICO**

Para la localización de los puntos de muestreo de suelo se realizó una transecta en la cual se marcaron tres puntos. En cada uno se tomó cinco muestras a dos profundidades (0 a 10 cm y 10 a 30 cm). Las mismas fueron homogenizadas y de este pool, se extrajo dos muestras de un kg cada una, ubicándose en una funda ziploc con su respectiva identificación; para el análisis

químico de laboratorio para lo cual se enviaron al laboratorio de INIAP ubicado en Pichilingue Provincia Los Ríos. (Anexo 2), con el propósito de conocer los nutrientes presentes y en función de los requerimientos del cultivo determinar los fertilizantes y dosis a aplicar.

## **LIMPIEZA Y PREPARACIÓN DEL TERRENO**

El experimento se estableció a campo abierto, al que se le realizó un control de arvenses por los métodos manual, químico y mecánico. Después del control de las malezas se procedió a la preparación del suelo con azada rotativa o rotovator acoplado a un tractor y se dejó 15 días para meteorización e incorporación de restos vegetales al suelo. A los 20 días se procedió a un segundo pase con la azada mecánica para eliminar las malezas que germinaron en el terreno, y que este quede óptimas condiciones para la siembra.



**Figura 2. Control de malezas**

## **PRUEBA DE GERMINACIÓN Y DESINFECCIÓN DE LAS SEMILLAS DE MAÍZ (*Zea maíz*)**

Se utilizaron semillas procedentes de la comunidad de Aguano, las cuales no son certificadas, pero si seleccionadas por productores con la asesoría de los técnicos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) que atienden la zona, a las cuales se les realizó una prueba del poder germinativo, indicando porcentaje de germinación de 93 % para variedades criollas se considera bueno, antes de la siembra fueron desinfectadas con el fungicida Vitavax, dosificado a razón de 2,5 g/kg de semillas para protegerlas del ataque de patógenos, así como insecticida

Semevin dosis 6,6 ml/kg semillas, para protegerlas del ataque de insectos garantizando una mayor vitalidad, viabilidad y vigor de la misma (Figura 3).



**Figura 3. Prueba del poder germinativo y desinfección de semillas de maíz var. tusilla**  
**SIEMBRA DEL CULTIVO**

El cultivo se estableció con dos distancias de siembra, la primera de 0,20 x 0,80 m con un área vital de las plantas 0,16 m<sup>2</sup>, donde se sembraron nueve parcelas; cada una con 150 plantas y un total de 1 350 plantas; lo que representa para este marco una densidad de 62500 plantas/ha. La segunda distancia se estableció con 0,30 m entre planta y 0,80 m entre surco, para un área vital de 0,24 m<sup>2</sup>, nueve parcelas; cada una con 100 plantas y un total de 900 plantas lo que representa una densidad de siembra 41667 plantas/ha, todo el experimento se manejó con 2 250 plantas en ambos casos la profundidad de siembra fue de 2 a 3 cm.



**Figura 1. Siembra de la semilla de maíz var. tusilla**

## APLICACIÓN DE NUTRIENTES

Se utilizaron dos tipos de fertilizantes: fertilización química y fertilización orgánica

### FERTILIZACIÓN MINERAL

Se procedió a calcular el plan de fertilización del maíz, se tuvo en cuenta las formula: 168-48-0 Para ello, se empleó: 0,24 kg/m<sup>2</sup> de fosfato diamónico - FDA, (18 – 46 - 0) y 0,24 kg/m<sup>2</sup> de urea (46 – 0 – 0), se aplicó de forma fraccionada en cuatro aplicaciones, una de fondo antes de la siembra y las demás (en el día: 15, 30 y 45 después de la germinación (DDG)), siendo 0,48 kg/m<sup>2</sup>, de FDA y urea, para los 24 m<sup>2</sup> de una parcela la dosis es de 11,52 Kg: para las seis parcelas se aplicó 69,12 kg.



**Figura 5. Aplicación de fertilizante mineral.**

### COMPOST COMO ABONO ORGÁNICO

Conociendo la composición del compost (Anexo 3) se realizó su aplicación 20 días antes de la siembra, 13,44 kg/parcela de 24 metros cuadrados equivalente a 5 600 kg/ha para complementar las deficiencias de nitrógeno y de la misma forma para el fósforo añadiéndose 4,68 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en 24 m<sup>2</sup>, mezclándolo con el suelo.



**Figura 6. Parcela con Compost**

### **3.4.2. EVALUACIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

#### **3.4.2.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES MORFOFISIOLÓGICAS A EVALUAR EN EL PROYECTO DEL CULTIVO *Zea mays* L. VARIEDAD TUSILLA**

##### **EVALUACIÓN MORFOLÓGICA DEL CULTIVO**

Se realizó las evaluaciones morfológicas y fisiológicas en 5 plantas seleccionadas al azar en cada repetición las cuales se encontraban en competencia intraespecífica perfecta y se marcaron con tarjetas a colores ver Anexo 5. Las variables fueron medidas a los 15, 45 y 75 días posterior a la germinación Tabla 1.

**Tabla 1. Variables morfofisiológicas medidas**

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
Altura de la planta (cm).	Se midió desde el suelo hasta la última lígula visible.
Número de hojas.	Se contabilizó el total de hojas activas por planta, contadas en cinco plantas por parcela.
Largo y ancho de hojas.	Se tomaron 3 hojas por planta (baja, media y

Acumulación de materia seca por órgano Vegetativo de la planta.	superior) y se midió el largo y el ancho, sacando un promedio entre las tres. Para determinar la materia seca se hizo uso de una estufa a 65 °C hasta obtener peso constante en Limbo, vaina, tallo y raíz.
Determinación de área foliar en (m <sup>2</sup> ).	Se determinó por el método dimensional largo y ancho de hojas.
Índice de área foliar.	Es la relación que existe entre el área foliar de una planta y el área vital de la planta, se calculó por la fórmula 1.
Potencial fotosintético.	Expresa la superficie foliar media de la planta a lo largo del ciclo vegetativo, se calculó por la siguiente fórmula 2.
Tasa de asimilación neta	Cantidad de materia seca producida por unidad de área foliar de una planta, se calculó por la fórmula 3.
Índice de productividad foliar	Es la relación que existe entre el rendimiento económico de una planta y el potencial fotosintético, se calcula por la fórmula 4.

---

**ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR:** variables morfofisiológicas del cultivo *Zea mays* L. variedad Tusilla con fertilización química y orgánica en dos distancias de siembra en las condiciones edafoclimáticas del CEIPA.

$$IAF = \frac{AF}{AV} \quad (1)$$

**Donde:**

**IAF** – Índice de área foliar

**AF** – Área foliar

**AV** – Área vital

## POTENCIAL FOTOSINTÉTICO (PF):

$$PF = \sum [(A_f + A_i/2)] \times t \quad (2)$$

**Dónde:**

**PF:** potencial fotosintético.

**A<sub>f</sub>:** área final.

**A<sub>i</sub>:** área inicial.

**T:** tiempo.

**TASA DE ASIMILACIÓN NETA (TAN):** cantidad de materia seca producida por unidad de área foliar, es una medida de eficiencia del follaje principal fuente de foto asimilados para la producción de materia seca expresada en Kg/m<sup>2</sup> en un tiempo determinado. Se aplica la siguiente formula:

$$TAN = 2 (P_2 - P_1) / (A_2 + A_1) (t_2 - t_1) \quad (3)$$

**Donde:**

**P<sub>1</sub>** = peso seco inicial por planta (primera evaluación)

**P<sub>2</sub>** = peso seco final por planta (segunda evaluación)

**A<sub>1</sub>** = área foliar inicial por planta

**A<sub>2</sub>** = área foliar final por planta

**t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub>** = intervalo de tiempo transcurrido entre la medición inicial y la final

## ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD FOLIAR:

$$IPF = \frac{RE}{PF} \quad (4)$$

**Donde:**

**IPF** = Índice de productividad foliar.

RE = Rendimiento económico.

PF = Potencial fotosintético.

### **3.4.2.2. IDENTIFICACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA DISTANCIA DE SIEMBRA Y TIPO DE FERTILIZANTE EN LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO DEL CULTIVO *ZEA MAYS L.* VARIEDAD TUSILLA EN LAS CONDICIONES DEL CEIPA**

#### **COMPONENTES DE RENDIMIENTOS VARIABLES EVALUADAS**

En la tabla 2 se describen las variables evaluadas para el componente de rendimiento

**Tabla 2. Descripción de variables medidas en el componente de rendimiento.**

<b>Variables</b>	<b>Descripción</b>
Rendimiento por parcela.	Es la producción de materia seca formada por el fruto agrícola (granos en Kg en cada parcela de 24 m <sup>2</sup> ).
Rendimiento agrícola	Es la producción de materia seca formada por el fruto agrícola (granos en Kg/ha).
Rendimiento económico.	Es la producción de materia seca del fruto agrícola por planta (cantidad de granos en Kg).
Rendimiento biológico.	Corresponde la cantidad de materia seca total por plantas (órganos vegetativos y órganos reproductivos).
Índice de cosecha.	Es la relación que existe entre el rendimiento económico y el rendimiento biológico (RE/RB).

### **3.4.2.3. ANALIZAR LOS NIVELES DE EXTRACCIÓN, EXPORTACIÓN Y DEVOLUCIÓN DE NUTRIENTES AL SUELO DE LA VARIEDAD DE MAÍZ TUSILLA CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN DOS DISTANCIAS DE SIEMBRA**



## **NIVELES DE EXTRACCIÓN, EXPORTACIÓN Y DEVOLUCIÓN DE LOS NUTRIENTES AL SUELO**

Para la determinación de los niveles de extracción, exportación y devolución de los nutrientes al suelo, se evaluó la acumulación de materia seca en granos, brácteas, tuza y rastrojos de las demás partes vegetativas y reproductivas de las plantas al momento de cosecha. Para ello, se tomaron dos plantas por parcelas que fueron llevadas al laboratorio, donde se separaron por partes para analizarlas. Cada una de las partes, fueron pesados y secados en la estufa a temperatura de 60 – 70°C hasta obtener un peso constante. Una vez seca, la muestra se molió en un molino de martillo con criba de 0,5 mm y fue envasada en fundas ziploc de 200 g y enviadas al laboratorio, para realizarles los análisis químicos

Los análisis se realizaron en el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en el laboratorio de técnicas analíticas. Para la determinación del P y B se ejecutó con la técnica de colorimetría. El N en tejido foliar se efectuó por el método Kjeldhal. Los minerales Mn, Zn, Fe, Cu, K, Ca y Mg en tejido foliar se concretó por el método espectrofotométrico - absorción atómica. El azufre se conoció por la técnica de turbidimetría. Los minerales K, Ca, Cu, Fe, Mn y Zn se analizaron por absorción atómica. Se determinó los porcentajes de acumulación de cada elemento en los diferentes órganos de la planta, la extracción total de cada elemento en  $\text{kg. ha}^{-1}$ , la exportación y lo que se devuelve al suelo en cada caso.

### **3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los datos que se obtuvieron en las evaluaciones, tomas de variables morfofisiológicas, productivas, componentes de rendimiento y niveles de extracción y reposición de nutrientes en el suelo fueron sistematizados en una base de datos de excel, las cuales fueron exportadas al paquete estadístico SPSS, versión 22 (2016), con el que se procesó los datos obtenidos en el experimento. Se realizó un análisis de varianza con arreglo bifactorial. Para la comparación de diferencias estadísticas entre medias se utilizó la prueba de rango múltiple de Tukey al 5%. Se hicieron correlaciones considerando las combinaciones de los tratamientos.

Se utilizó el modelo estadístico correspondiente al diseño planteado y definido por el modelo matemático siguiente:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + R_j + \varepsilon_{ij} \quad (4)$$

**Dónde:**

$y_{ij}$  : Variables medidas en el experimento

$\mu$ : media general a todas las observaciones

$\tau_i$  : Efecto de tratamiento  $i= 1, 2, 3$  y  $4$ ,

$R_j$  : Efecto de las réplicas  $j=1, 2, 3$  y  $4$

$\varepsilon_{ij}$ : Error aleatorio normalmente distribuido con media 0 y varianza constante

### **3.6. RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES**

#### **3.6.1. Humanos**

Dra. Karina Carrera, directora del proyecto

Ing. Jorge Alba, Tesista de la Maestría

Ing. Jorge Antoni Freile Almeida

Ing. Edwin Romero

Ing. Gina Salazar

#### **3.6.2. Materiales**

- Balanza (unidad de medida en gramos)
- Balanza (unidad de medida en libras y Kg)
- Azadones
- Saquillos
- Rastrillos
- Machetes
- Espeques
- Compost
- Palas
- Semillas

- Urea
- Piolas
- Moto guadaña, 2 litros de aceite de 2 tiempos, 8 galones de gasolina
- Estiletes
- Papel de aluminio
- Cintas métricas
- Calibradores
- Regla metálica en cm

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES MORFOFISIOLÓGICAS DEL CULTIVO (*Zea mays*) VARIEDAD TUSILLA EN DOS DISTANCIAS DE SIEMBRA Y FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA

#### 4.1.1. INFLUENCIA E INTERACCIÓN DE LA DISTANCIA DE SIEMBRA Y LOS TIPOS DE FERTILIZANTES SOBRE LAS VARIABLES FISIOLÓGICAS Y VARIABLES DEL COMPONENTE DE RENDIMIENTO

Como resultado del análisis estadístico entre factores según la Tabla 3, se observó significación estadística en la interacción entre los tratamientos y sub tratamientos para las variables dependientes tasa de asimilación neta (TAN) y rendimiento biológico (RB). De igual forma se determinó que no existen diferencias en la interacción entre los factores de estudio para las variables Potencial fotosintético (PF), índice de productividad foliar (IPF), rendimiento por parcela, rendimiento agrícola, rendimiento económico e índice de cosecha (IC), por lo cual estas variables serán analizadas de forma individual por tratamientos y subtratamientos.

**Tabla 3. Interacción entre los factores distancia de siembra y niveles de fertilización para las variables fisiológicas y rendimiento de la variedad de maíz Tusilla**

FACTORES	VARIABLES	Media cuadrática	F	Sig.
TRATAMIENTOS *	TAN	0.47	15,41	0.00
SUBTRATAMIENTOS	POTEN FOTOSINTI	0.02	2,19	0.12
	IPF	760174.42	1,27	0.29
	RDTO PARCELA (kg)	3.01	0.32	0.73
	RDTO AGRÍCOLA (kg ha)	522377.45	0.32	0.73
	RDTO ECONÓMICO	108.22	0.13	0.88
	RDTO BIOLÓGICO	2887.32	4.65	0.03
	INDICE DE COSECHA	0.02	0.36	0.71

Tukey  $p \geq 0,05$ . Indican que existen interacción entre los factores de estudio

#### **4.1.2. INTERACCIÓN DE LA DISTANCIA DE SIEMBRA Y LOS TIPOS DE FERTILIZANTES SOBRE LA TASA DE ASIMILACIÓN NETA (TAN) Y RENDIMIENTO BIOLÓGICO (RB)**

Los mayores valores de tasa de asimilación neta (TAN) que representa los gramos de materia seca producida por metro cuadrado de área foliar en un día de actividad fisiológica de la planta, se obtuvieron con la menor distancia de siembra, es decir a mayor densidad de población en la fertilización orgánica con valores de 11,27 gramos de materia seca/m<sup>2</sup>/día y diferencia estadística para los valores obtenidos con la fertilización química y la no fertilización, donde se alcanzó una TAN inferior a la mitad en relación con la fertilización orgánica Tabla 3. Estos resultados se explican porque las plantas que son fertilizadas orgánicamente se ven estimuladas en relación a las funciones fisiológicas y esto hace que produzcan mayor cantidad de materia seca y también porque las plantas en su competencia por luz solar y condiciones de área vital activan su mecanismo de fotosíntesis y actividad metabólica que les hace producir mayor cantidad de materia seca por unidad de área foliar. Resultados similares lo reporta Cabrera, (2020) al estudiar el maíz duro en altas densidades de población.

Sin embargo, con la mayor distancia de siembra de 0,80 x 0,30 m, la planta produce más materia seca por unidad de área foliar en un día de actividad fisiológica en las parcelas sin fertilizantes SF con un valor de 3,70 g/m<sup>2</sup>/día, seguramente dado porque los suelos en estas condiciones amazónicas tienen nutrientes suficientes que permiten satisfacer las necesidades nutricionales de las plantas de maíz sobre todo en variedades adaptadas localmente como la Tusilla. Estos resultados se corresponden obtenidos por García (2006), al estudiar la fertilización natural en suelos orgánicos y se obtienen beneficios en el desarrollo y producción del cultivo.

- El rendimiento biológico (RB), presenta un mayor valor en la fertilización orgánica 184,14 g de materia seca/m<sup>2</sup>/días con la distancia de siembra D2 (0,30 m x 0,80 m), donde se establecen 41 666 plantas/ha, se apreció que presentaron diferencias estadísticas al igual que el tratamiento con fertilizante químico. En la menor distancia de siembra D1 el mayor rendimiento biológico, se alcanza en las parcelas fertilizadas químicamente como se observa en la Tabla 4. Al tener mayor densidad poblacional y

con ello cierta competencia entre plantas, estas reservan sus energías para desarrollar los órganos que permiten la reproducción y constituyen el fruto biológico y por ello se sienten estimuladas a acumular más materia seca en los granos resultados similares obtuvo Castellanos et al., (2020) en estudios de manejo nutricional de maíz.

**Tabla 4. Variables fisiológicas del cultivo que interactúan según distancia de siembra y tipos de fertilización**

<b>VARIABLES</b>	<b>TTOS</b>	<b>SF</b>	<b>FQ</b>	<b>FO</b>
<b>TAN</b>	<b>D1</b>	4,86 <b>b</b> ± 0,81	3,35 <b>b</b> ± 0,81	11, 27 <b>a</b> ± 0,81
	<b>D2</b>	3,70 <b>a</b> ± 0,80	2,32 <b>b</b> ± 0,80	3,23 <b>b</b> ± 0,80
<b>RB</b>	<b>D1</b>	111,21 <b>b</b> ± 35,16	155,16 <b>a</b> ± 7,52	142, 94 <b>a</b> ±17,40
	<b>D2</b>	130,85 <b>b</b> ± 15,60	111,93 <b>b</b> ± 33,35	184,14 <b>a</b> ± 27,83

Tukey  $p \geq 0,05$ . Letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre tratamientos y sub tratamientos para cada variable

#### **4.1.3. INFLUENCIA DE LA DISTANCIA DE SIEMBRA SOBRE LA ALTURA DE LA PLANTA EN DIFERENTES MOMENTOS DEL CRECIMIENTO DEL CULTIVO**

La altura de la planta no se ve afectada por las distancias de siembra utilizadas en los diferentes momentos de desarrollo del cultivo (15, 45 y 75 días posterior a la germinación). Dadas las condiciones edafoclimáticas imperantes en la zona de estudio con altas precipitaciones y variaciones muy acentuadas de luminosidad, con períodos de alta intensidad luminosa seguido por otros de muy baja luminosidad hacen que las plantas mantengan un ritmo de crecimiento estable y muy influenciado por las características de la variedad.

Como se aprecia en la Tabla 5, no existe diferencia estadística entre los tratamientos en los tres momentos estudiados, con valores numéricos ligeramente superiores en la mayor distancia entre plantas con menor densidad de población donde las plantas tienen una mayor área vital, mayor disponibilidad de nutrientes, humedad, luminosidad lo que estimula en algo el crecimiento en altura.

Estos resultados difieren de los obtenidos por García-Rodríguez et al., (2019), quienes plantean que la densidad poblacional, tiene efecto significativo en el crecimiento longitudinal

de las plantas. Es interesante que los menores valores para esta variable se alcanzaron en los tratamientos con mayor densidad de siembra (83 mil plantas/ha). Guevara-Escobar et al. (2005) afirma que cuando se trabaja en densidades de siembra altas se puede producir competencia tanto en la hilera como entre hileras de siembra.

**Tabla 5. Efecto de la de la distancia de siembra sobre la altura de la planta**

TRATAMIENTOS	ALTURA DE PLANTA (cm)		
	15 DDG	45 DDG	75 DDG
D1 (0,20 X 0,80)	9,13 a	89,76 a	164,16 a
D2 (0,30 X 0,80)	9,93 a	97,60 a	174,60 a
VALOR F	2,96	2,41	1,90
NIVEL DE SIGNIFICANCIA	0,08*	0,12 NS	0,172 NS

Tukey  $p \geq 0,05$ . Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos y sub tratamientos para cada variable

#### **4.1.4. INFLUENCIA DE LOS TIPOS DE FERTILIZANTES SOBRE LA ALTURA DE LA PLANTA EN DIFERENTES MOMENTOS DEL CRECIMIENTO DEL CULTIVO**

A los 15 días de la germinación no existieron diferencias estadísticas para la altura de la planta entre los tratamientos, como se puede observar en la Tabla 6. Seguramente esto fue porque en sus inicios la planta aún utiliza las reservas de la semilla y su sistema radical es pequeño y aún no hace uso de los fertilizantes aplicados, unido a que las hojas apenas comienzan el proceso fotosintético. Resultados similares lo obtuvo Blessing Ruiz & Hernandez Morrison, (2009) donde mencionan que el maíz en sus primeros días tiene un crecimiento lento por lo que es una etapa muy temprana para mostrar el efecto de los fertilizantes aplicados.

A los 45 días se obtiene una mayor altura de las plantas en aquellas que crecen con fertilizante orgánico, con diferencia estadística para los otros dos tratamientos. En estos primeros 30 días después de la germinación, se inicia la elongación del tallo, conocida como llamarada del crecimiento y las plantas utilizan los fertilizantes disponibles. Esto puede estar influenciado

por disponibilidad de nitrógeno que aporta el compost y que las plantas asimilan sin dificultad, mientras que el fertilizante químico puede ser bloqueado y no asimilado con facilidad.

Igual comportamiento se observa a los 75 días de la germinación. Todo indica que la baja fertilidad de estos suelos amazónicos Bravo et al., (2017), y la exigencia y adaptación de las variedades criollas como la Tusilla a estas condiciones, hace posible que a los 45 días de haber germinado las plantas comiencen a hacer uso de la materia orgánica aplicada y ello provoca una mayor elongación del tallo de la planta a los 75 días se observó valores superiores que a los 45 días después de la germinación, en relación con las plantas que crecen sin fertilizante. Estos resultados difieren con los obtenidos por García-Rodríguez et al. (2019) y Matheus (2004) quienes reportaron mayor altura de la planta con el fertilizante químico. Estos resultados no se corresponden con los obtenidos por Montejo-Martínez et al., (2018) quienes obtuvieron plantas de mayor altura con la fertilización química.

**Tabla 6. Efecto de la fertilización química y orgánica sobre la altura de la planta**

SUBTRATAMIENTOS	ALTURA DE LA PLANTA (cm)		
	15 DDG	45 DDG	75 DDG
SIN FERTILIZANTE	9,15 a	78,77 b	147,71 b
FERTILIZACION QUIMICA	9,40 a	89,33 b	166,60 b
FERTILIZACION ORGANICA	10,05 a	112,93 a	193,82 a
VALOR F	1,30	23,80	16,67
NIVEL DE SIGNIFICANCIA	0,279 NS	0,000**	0,000**

Tukey  $p \geq 0,05$ . Letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre tratamientos y sub tratamientos para cada variable

#### **4.1.5. INFLUENCIA DE LA DISTANCIA DE SIEMBRA SOBRE EL ÁREA FOLIAR EN DIFERENTES MOMENTOS DEL CRECIMIENTO DEL CULTIVO**

A los 15 días de la germinación no existe diferencia estadística para el área foliar entre los tratamientos lo cual es lógico dado a que en esa etapa las plantas aún están haciendo uso de las reservas cotiledonales en la formación de su arquitectura foliar. Ya a los 45 y 75 días después



de la germinación se observa en la Tabla 7 que existen diferencia estadística para este indicador fisiológico entre las plantas que se encontraban a la mayor distancia de siembra con relación a las de menor distancia. Las plantas ubicadas a una distancia de 0,80 x 0,30 m tienen un área vital de 0,24 m<sup>2</sup> más que las que están a 0,80 x 0,20 m las mismas que tienen un área vital de 0,16 m<sup>2</sup> y ello facilita el desarrollo foliar al tener menos competencia por luz, nutrientes y agua. Según Vega-Muñoz et al. (2001) y Aguilar-García et al. (2002) encontraron respuestas similares en girasol, la mayor densidad de población refleja un incremento en la producción de biomasa, debido a la mayor radiación interceptada por el dosel vegetal, mientras que Hernández & Soto (2013) y Castellanos et al., (2017) y encontraron respuestas similares en cultivo de maíz y sorgo, la mayor densidad de población refleja un incremento en la producción de biomasa, debido a la mayor radiación interceptada por el dosel vegetal.

**Tabla 7. Efecto de la distancia de siembra sobre el área foliar**

TRATAMIENTOS	AREA FOLIAR (m <sup>2</sup> )		
	15 DDG	45 DDG	75 DDG
D1 (0,20 X 0,80)	0,21 a	0,37 b	2,16 b
D2 (0,30 X 0,80)	0,22 a	0,70 a	2,61 a
VALOR F	0,983	40,91	6,06
NIVEL DE SIGNIFICANCIA	0,324	0,000	0,016

Tukey  $p \geq 0,05$ . Letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre tratamientos y sub tratamientos para cada variable

#### **4.1.6. INFLUENCIA DE LOS TIPOS DE FERTILIZANTES SOBRE EL ÁREA FOLIAR EN DIFERENTES MOMENTOS DEL CRECIMIENTO DEL CULTIVO**

El área foliar no presentó diferencias entre tratamientos a los 15 y 45 días de la germinación dado seguramente por la disponibilidad de nutrientes en los suelos donde se desarrolló el experimento y las condiciones climáticas imperantes.

Ya para los 75 días de la germinación existió diferencias significativas entre los tres tratamientos, donde las plantas fertilizadas orgánicamente presentaron más área foliar con diferencia estadística para los otros dos, quienes no difirieron entre sí.

Estos resultados muestran que los abonos orgánicos son una alternativa para sustituir la fertilización química. Esto se debe a que los abonos orgánicos abastecen al suelo de nutrimentos como el N, P y K y los demás elementos que contienen. Estos resultados coinciden con lo señalado por Barber et al., (1992) y Castellanos et al., (1996) quienes reportaron que los estiércoles se mineralizan en 70 % a partir del primer año de aplicación y con efecto residual en el suelo hasta por dos años y el resto se transforma en humus, que se incorpora al suelo y produce un efecto benéfico en su estructura, esto resultados coinciden con los obtenidos por Aguilar et al., (2015) y Montejo et al., (2018) al evaluar guano de vacuno, caprino y gallinaza reportan beneficios al suelo que favorecen el cultivo y la fauna microbiana del suelo .

**Tabla 8. Efecto de la fertilización química y orgánica sobre el área foliar de las plantas**

SUBTRATAMIENTOS	AREA FOLIAR (m <sup>2</sup> )		
	15 DDG	45 DDG	75 DDG
SIN FERTILIZANTE	0,021 a	0,52 a	1,93 b
FERTILIZACION QUIMICA	0,021 a	0,63 a	2,31 b
FERTILIZACION ORGANICA	0,023 a	0,47 a	2,91 a
VALOR F	0,57	2,30	10,97
NIVEL DE SIGNIFICANCIA	0,56	0,106	0,000

**Tukey  $p \geq 0,05$ . Letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre tratamientos y sub tratamientos para cada variable**

#### **4.1.7. INFLUENCIA DE LA DISTANCIA DE SIEMBRA SOBRE EL ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR EN DIFERENTES MOMENTOS DEL CRECIMIENTO DEL CULTIVO**

El índice de área foliar es mayor durante las diferentes etapas de desarrollo del cultivo en la menor distancia D1 entre plantas con diferencia estadística para la mayor distancia D2. Cuando se utilizó la distancia de siembra de 0.80 x 0.20 metros se obtuvieron 62 500 plantas por hectárea en comparación a la distancia de 0.80 x 0.30 metros donde se obtuvo 41 666 y ello permitió una mayor cobertura del suelo lo cual admitió una optimización de los procesos

fisiológicos al estar el terreno más cubierto por hojas. Resultados similares obtuvo Sánchez et al., (2011) quienes realizaron una investigación bajo tres densidades poblacionales que obtuvo bajo la densidad de 62 500 pl ha<sup>-1</sup>, concluyendo a menor densidad mayor aprovechamiento de recursos y más producción de área foliar.

A los 75 días de la germinación se obtuvieron valores muy altos del índice de área foliar dado por la capacidad de las plantas de formar una gran arquitectura favorecidas por las condiciones edafoclimáticas de la zona, fundamentalmente las altas precipitaciones entre 3 655 y 5 500 mm/año, la adaptabilidad del cultivo a las condiciones edafoclimática de la zona de estudio, control de malezas y plagas del follaje como se aprecia en la Tabla 9. Resultados similares fueron reportados por Steven et al., (2019) quienes para el efecto de densidades encontraron que la mayor población fue de 130 000 pl ha<sup>-1</sup> con la que se obtuvo el mayor promedio de índice de área foliar, y se reportó el menor promedio con 60 932 pl ha<sup>-1</sup> en esta densidad poblacional.

**Tabla 9. Efecto de la distancia de siembra sobre índice área foliar**

TRATAMIENTOS	ÍNDICE ÁREA FOLIAR		
	15 DDG	45 DDG	75 DDG
D1 (0,20 X 0,80)	0,125 a	2,93 a	13,48 a
D2 (0,30 X 0,80)	0,093 b	2,32 b	10,86 b
VALOR F	13,91	2,30	7,13
NIVEL DE SIGNIFICANCIA	0,000	0,024	0,009

Tukey  $p \geq 0,05$ . Letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre tratamientos y sub tratamientos para cada variable

#### **4.1.8. INFLUENCIA DE LOS TIPOS DE FERTILIZACIÓN SOBRE EL ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR EN DIFERENTES MOMENTOS DEL CRECIMIENTO DEL CULTIVO**

El índice de área foliar no muestra diferencia estadística a los 15 y 45 días de la germinación entre los tipos de fertilización utilizados Tabla 10, donde se observó que este indicador tiene un comportamiento muy similar entre ellos. A los 75 días se obtuvo un mayor índice de área

foliar cuando se aplicó abono orgánico con diferencia estadística para la fertilización química y la no fertilización. Esto se explica por el incremento del área foliar que alcanzan las plantas favorecidas por el abono orgánico como se observa en la Tabla 10, se vio influenciado además por las características de estos suelos los que presentaron una baja fertilidad, pH ácido, presencia de aluminio intercambiable, baja disponibilidad de nutrientes en especial fósforo (P) disponible y de base intercambiables ( $K^+$ ;  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$ ) (Bravo et al., 2017).

**Tabla 10. Efecto de la fertilización química y orgánica sobre índice área foliar de las plantas.**

SUBTRATAMIENTO	INDICE ÁREA FOLIAR		
	15 DDG	45 DDG	75 DDG
SIN FERTILIZANTE	0,10 a	2,64 a	9,78 b
FERTILIZACIÓN QUÍMICA	0,11 a	3,18 a	11,83 b
FERTILIZACIÓN ORGÁNICA	0,12 a	2,06 a	14,94 a
VALOR F	0,943	6,18	10,84
NIVEL DE SIGNIFICANCIA	0,394	0,003	0,000

Tukey  $p \geq 0,05$ . Letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre tratamientos y sub tratamientos para cada variable

#### **4.1.9. INFLUENCIA DE LAS DISTANCIAS DE SIEMBRA SOBRE EL POTENCIAL FOTOSINTÉTICO (PF) E ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD FOLIAR (IPF)**

El potencial fotosintético (PF) expresa la superficie foliar media de hojas vivas que ha trabajado a lo largo del ciclo de la planta. La Tabla 11 muestra que con mayores distancias entre plantas se obtuvieron un mayor potencial fotosintético con diferencia estadística para la menor distancia de siembra, dado a que se obtiene una mayor superficie foliar durante el

desarrollo de la planta y esta es la superficie encargada de realizar fotosíntesis y por lo tanto la planta genera mayor cantidad de foto asimilados como celulosa, lignina, biomasa, aminoácidos, almidón, azúcares, proteínas, grasas, minerales, fibra que permite acumular mayor cantidad de sustancias de reserva. El índice de productividad foliar que viene dado por la relación entre el rendimiento económico y el potencial fotosintético resultó mayor en la menor distancia de siembra con diferencia estadística para la mayor distancia esto puede darse porque para la distancia menor el potencial fotosintético es menor lo que influyó en que sea mayor el índice de área foliar, además el rendimiento biológico si es mayor para esta distancia es mayor también el índice de productividad foliar.

**Tabla 11. Valores promedios por tratamiento del Potencial Fotosintético y del Índice Productividad Foliar**

TRATAMIENTOS	INDICADORES FISIOLÓGICOS	
	PF	IPF
D1 (0,80 x0,20)	43,80 b	2,07a
D2 (0,80 x 0,30)	60,66 a	1,55b
VALOR F	19,66	4,69
NIVEL DE SIGNIFICANCIA	0.000	0.000

Tukey  $p \geq 0,05$ . Letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre tratamientos y sub tratamientos para cada variable

#### **4.1.10. INFLUENCIA DE LOS TIPOS DE FERTILIZANTES SOBRE EL POTENCIAL FOTOSINTÉTICO (PF) E ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD FOLIAR (IPF)**

El potencial fotosintético no mostró diferencia estadística entre las aplicaciones de fertilizante orgánico y químico, sí entre estos y los tratamientos sin fertilizantes. Estos resultados son lógicos si se considera que siempre la mayor disponibilidad de fertilizantes estimula el desarrollo foliar de las plantas Tabla 12, teniendo mayor cantidad de hojas, hojas más desarrolladas, largas, anchas y con una mayor área foliar y un mayor potencial fotosintético.

Igualmente se observa en la Tabla 12, que las plantas acumularon más materia seca en los granos en relación al potencial de hojas para hacer fotosíntesis, cuando disponen de abonos orgánicos en el suelo natural con diferencia estadística para las plantas que crecen con fertilizante químico y sin fertilizante. El índice de productividad foliar se mantuvo similar para los tratamientos con fertilización química y fertilización orgánica siendo esta ligeramente mayor pero a su vez muestra diferencia estadística con el tratamiento sin fertilizante, este comportamiento tiene su explicación pues en un suelo donde no exista antagonismo, desbalance en su propiedades químicas los nutrientes aplicados en las enmiendas de fertilización son asimilados por las plantas y si los demás componentes del sistema están bien, el cultivo tiene un normal crecimiento y desarrollo produciendo buenas mazorcas, bien llenas, con granos bien formados que tributan a un buen rendimiento económico y esto a su vez eleva el índice de productividad foliar. Lo que pasa con el tratamiento sin fertilizante es normal y es lo contrario de lo explicado y lo que muestra la Tabla 12.

**Tabla 12. Valores promedios por sub tratamientos del Potencial Fotosintético y de Productividad foliar.**

TRATAMIENTO	INDICADORES FISIOLÓGICOS	
	PF	IPF
FERTILIZANTE QUIMICO	53,82 a	1,51 b
FERTILIZANTE ORGÁNICO	57,99 a	1,70 b
SIN FERTILIZANTE	44,87 b	2,21 a
VALOR F	3,63	2,93
NIVEL DE SIGNIFICANCIA	0.003	0.05

Tukey  $p \geq 0,05$ . Letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre tratamientos y sub tratamientos para cada variable

#### 4.2.

#### **4.2.1. INFLUENCIA DEL RENDIMIENTO ECONÓMICO EN FUNCION DE LAS DISTANCIAS DE SIEMBRA**

El rendimiento económico está determinado por la productividad de materia seca de los granos o fruto agrícola por plantas. En la Tabla 13 tanto para D1 y para D2 los resultados estadísticos no son significativos, pero si hay diferencia en los valores que se muestran de rendimiento económico en D2 la mayor distancia que resultó superior con un valor de 81,94 g ms de granos/ plantas que en D1 con un valor de 76,63 g ms de granos/ plantas , esto puede deberse a que el rendimiento económico (materia seca de los granos) en las plantas de variedades criollas no son factibles en distancias de siembras pequeña (mayores densidades de siembra) pues necesitan una mayor superficie vital donde obtengan suficientes nutrientes, humedad y fotones de luz pues son plantas relativamente grandes en altura con hojas largas, en estas condiciones producen mazorcas más grandes, bien llenas de granos, granos mejores formados con un llenado parejo, muchas plantas producen dos mazorcas, coincidiendo con los resultados de (Valarezo, 2017) quien logró RE similares en densidades de siembra de 0,80 x 0,30 m en híbridos de maíz.

**Tabla 13. Rendimiento económico en función de las distancias de siembra**

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>RENDIMIENTO ECONÓMICO (g ms de granos/planta)</b>
<b>D1 (0,20 X 0,80)</b>	<b>76,631 a</b>
<b>D2 (0,30 X 0,80)</b>	<b>81,940 a</b>
<b>VALOR F</b>	<b>0,93</b>
<b>NIVEL DE SIGNIFICANCIA</b>	<b>0,388</b>

Tukey  $p \geq 0,05$ . Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos y sub tratamientos para cada variable

#### **4.2.2. INFLUENCIA DE LOS TIPOS DE FERTILIZANTES SOBRE EL RENDIMIENTO ECONÓMICO**

El rendimiento económico en función de los tipos de fertilizantes como se ve en la Tabla 14 estadísticamente no existió diferencias sin embargo se pudo observar que los tratamientos sin fertilizantes muestran un ligero incremento por encima de los tratamientos con fertilizante orgánico y químico estos últimos son muy similares. Esto puede estar condicionado a algunos factores, primero el maíz criollo posee una mayor rusticidad que otros tipos y son capaces de producir y obtener del suelo natural los nutrientes que necesitan. Al ser plantas grandes, altas, desarrollan un sistema radicular que experimentan una capa activa del suelo mayor ósea una mayor profundidad asimilando los nutrientes que están en esta zona, otro aspecto relacionado con este rendimiento económico se puede deber a las características químicas del suelo con pH ácido de 5 a 5,1 que bloquean los nutrientes aportados por las enmiendas en especial la fertilización los nutrientes están en el suelo pero las plantas no lo asimilan, estos resultados coinciden con los obtenidos por (Arriaga, 2020) donde investigó que en suelos inceptisoles con Ph por debajo de 6,5 bloquean los nutrientes en terreno dedicados a cultivo de maíz.

**Tabla 14. Rendimiento económico Kg en función de tipos de fertilizantes.**

<b>SUBTRATAMIENTO</b>	<b>RENDIMIENTO ECONÓMICO (g ms de granos/planta)</b>
<b>SIN FERTILIZANTE</b>	<b>84,69 a</b>
<b>FERTILIZACIÓN QUÍMICA</b>	<b>76,69 a</b>
<b>FERTILIZACIÓN ORAGÁNICA</b>	<b>76,48 a</b>
<b>VALOR DE F</b>	<b>0,96</b>
<b>NIVEL DE SIGNIFICANCIA</b>	<b>0,39</b>

**Tukey  $p \geq 0,05$ . Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos y sub tratamientos para cada variable**

#### **4.2.3. INFLUENCIA DE LA DISTANCIA DE SIEMBRA SOBRE EL ÍNDICE DE COSECHA.**

El índice de cosecha esta dado por la relación entre el rendimiento económico y el rendimiento biológico Tabla 15 que muestra el índice de cosecha en función de los tratamientos no hay diferencia estadística, mientras que en la D1 0,80 m x 0,20 m se obtuvo un valor de 0,60 % lo



que demuestra que la producción de grano es buena, el 0,40 corresponde al peso de todo lo que no es grano, estudios realizados por (Rojas, 2018) en cultivo de *Zea mays* con marco de siembra de 0,75 m de camellón x 0,20 m de narigón encontró valores de índice de cosecha en un rango de 0,60 – 0,66.

**Tabla 15. Índice de cosecha en función de las distancias de siembra.**

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>INDICE DE COSECHA</b>
<b>D1 (0,20 X 0,80)</b>	<b>0,60 a</b>
<b>D2 (0,30 X 0,80)</b>	<b>0,59 a</b>
<b>VALOR F</b>	<b>0,02</b>
<b>NIVEL DE SIGNIFICANCIA</b>	<b>0,96</b>

**Tukey  $p \geq 0,05$ . Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos y sub tratamientos para cada variable**

### **2.2.3. INFLUENCIA DE LOS TIPOS DE FERTILIZANTES SOBRE EL ÍNDICE DE COSECHA.**

El índice de cosecha tiene diferencias bien marcadas con respecto a los subtratamientos como muestra la Tabla 16, existió diferencia significativa entre los tres fertilizantes comportándose de mejor manera el tratamiento sin fertilizantes con un valor de 0,68 esto se puede deber a que el cultivo en estas condiciones edafoclimáticas de la zona de estudio no asimiló de la mejor manera los fertilizantes, nutriéndose mejor del suelo natural, en estudio realizados por Martínez et al., (2018) encontró resultados similares en suelos inceptisoles con Ph ligeramente ácidos en cultivo de maíz.

La fertilización química con respecto a la fertilización orgánica muestra significancia con valor de 0,60 y la orgánica de 0,51 que no es un valor pésimo influye en el índice de cosecha

del cultivo de mejor manera que el fertilizante orgánico lo que puede estar dado que el compost se haya lixiviado por las altas precipitaciones y la planta sintetice mejor el fertilizante mineral esto repercute de manera positiva en la materia seca de los grano estimula un crecimiento excesivo, la tendencia en la planta es a tener más desarrollo de los órganos vegetativos y mayor masa de materia seca en estas estructuras que en granos, Rodríguez et al., (2020) obtuvo resultados similares al evaluar fertilización orgánica en híbridos de maíz.

**Tabla 16. Índice de cosecha en función de tipos de fertilizantes.**

<b>SUBTRATAMIENTOS</b>	<b>INDICE DE COSECHA</b>
<b>SIN FERTILIZANTE</b>	<b>0,68 a</b>
<b>FERTILIZACIÓN QUÍMICA</b>	<b>0,60 ab</b>
<b>FERTILIZACIÓN ORGÁNICA</b>	<b>0,51 b</b>
<b>VALOR DE F</b>	<b>4,34</b>
<b>NIVEL DE SIGNIFICANCIA</b>	<b>0,02</b>

**Tukey  $p \geq 0,05$ . Letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre tratamientos y sub tratamientos para cada variable**

#### **4.2.4. INFLUENCIA DE LA DISTANCIA DE SIEMBRA SOBRE EL RENDIMIENTO POR PARCELA (kg)**

El rendimiento por parcela resultó mejor en la mayor densidad de población con valor de 13,47 Kg/24 m<sup>2</sup> como se observa en la Tabla 17, es decir en la distancia menor de siembra, con diferencia estadística para la mayor distancia. Esto fue dado por el efecto que tuvo el incremento de plantas por unidad de área sobre el rendimiento del cultivo, donde el número de plantas favoreció la producción de granos por unidad de área y en las poblaciones estudiadas no se afectó la producción individual por planta, resultados similares obtuvo al evaluar maíz criollo en densidad de siembra de 62500 plantas por ha (Quevedo et al., 2015).

**Tabla 17. Rendimiento en Kg por parcela en función de los tipos de fertilizantes utilizados**

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>RENDIMIENTO POR PARCELAS Kg/24 m<sup>2</sup>)</b>
<b>D1 (0,20 X 0,80)</b>	<b>13,471 a</b>
<b>D2 (0,30 X 0,80)</b>	<b>10,145 b</b>
<b>VALOR F</b>	<b>6,28</b>
<b>NIVEL DE SIGNIFICANCIA</b>	<b>0,02</b>

Tukey  $p \geq 0,05$ . Letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre tratamientos y sub tratamientos para cada variable

#### **4.2.5. INFLUENCIA DE LOS TIPOS DE FERTILIZANTES SOBRE EL RENDIMIENTO POR PARCELA (kg)**

El rendimiento por parcela no se vio significativamente afectado por los tipos de fertilizantes utilizados. Esto seguramente se dio por la fertilidad natural que tienen los suelos donde se realizó el estudio lo cual permitió a la planta satisfacer sus necesidades nutricionales aún sin haberse fertilizado el suelo. También resulta importante considerar que la variedad Tusilla es una variedad rústica local muy adaptada a estas condiciones amazónicas lo que facilitó su desarrollo sin grandes afectaciones en la formación del rendimiento. La Tabla 18 nos muestra que no hay diferencia estadística entre los subtratamientos, aunque numéricamente en las parcelas con fertilizante orgánico se obtienen mejores resultados, investigación realizada por Medina et al., (2018) reportó resultados similares en cultivo maíz.

**Tabla 18. Rendimiento en Kg por parcela en función de tipos de fertilizantes**

<b>SUBTRATAMIENTOS</b>	<b>RENDIMIENTO POR PARCELA (kg/24 m<sup>2</sup>)</b>
<b>SIN FERTILIZANTE</b>	10,82 <b>a</b>
<b>FERTILIZACIÓN QUÍMICA</b>	12,18 <b>a</b>
<b>FERTILIZACIÓN ORGÁNICA</b>	12,42 <b>a</b>
<b>VALOR DE F</b>	0,40
<b>NIVEL DE SIGNIFICANCIA</b>	0,68

Tukey  $p \geq 0,05$ . Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos y sub tratamientos para cada variable

#### **4.2.6. INFLUENCIA DE LA DISTANCIA DE SIEMBRA SOBRE EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA (kg/ha)**

El mayor rendimiento agrícola se obtuvo en la mayor densidad de población en plena correspondencia a lo obtenido en el rendimiento por parcela y superando en más de 1 200 kg/ha al que se obtiene en la mayor distancia de siembra. Esto indica la importancia que tiene para este cultivo en las condiciones estudiadas la utilización de densidades de población altas para aportar un mayor rendimiento agrícola, estos resultados se corresponden con los logrados por (Blanco et al., 2021).

**Tabla 19. Rendimiento agrícola en Kg/ha en función de las distancias de siembra**

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>RENDIMIENTO AGRÍCOLA (Kg/ha)</b>
	<b>COSECHA</b>
<b>D1 (0,20 X 0,80)</b>	<b>5613,014 a</b>
<b>D2 (0,30 X 0,80)</b>	<b>4227,426 b</b>
<b>VALOR F</b>	<b>6,27</b>
<b>NIVEL DE SIGNIFICANCIA</b>	<b>0,02</b>

**Tukey  $p \geq 0,05$ . Letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre tratamientos y sub tratamientos para cada variable**

#### **4.2.7. INFLUENCIA DE LOS TIPOS DE FERTILIZANTES SOBRE EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA (kg/ha)**

Con la fertilización orgánica se obtuvo el mayor rendimiento agrícola, aunque sin diferencia estadística para el fertilizante químico y la no fertilización, lo cual guarda correspondencia con el resultado obtenido en el rendimiento por parcela experimental. Todo indica que la variedad de maíz Tusilla en estas condiciones amazónicas logra producir buenos rendimientos agrícolas sin fertilización química u orgánica.

Los valores de rendimiento agrícola resultaron muy buenos para estas condiciones edafoclimáticas superiores a los 5,17 t/ha para el tratamiento con abono orgánico. Con el abono orgánico se produce alrededor de 100 kg más de rendimiento agrícola en relación de lo que se obtiene con fertilización mineral y de 664 kg más que para la parcela no fertilizada. Estos resultados difieren a los conseguidos por Yánez et al. (2010), en experimentos en dos localidades de la Provincia de Bolívar, (Ecuador), aplicando la metodología del elemento

faltante, donde encontraron diferencias significativas para la producción de grano. También Mtz et al., (2001) obtuvo resultados diferentes a los de este estudio con mayor rendimiento al aplicar fertilizante químico comparado con el tratamiento con abono orgánico.

Los resultados obtenidos en los trabajos descritos anteriormente, difieren al conseguido en esta investigación, podrían deberse a las condiciones edafoclimáticas donde se realizaron los experimentos, para lo cual debemos considerar que las altas precipitaciones en la Amazonía hacen que se lave fácilmente el fertilizante químico lo que no sucede con el abono orgánico que a más de mantener los elementos químicos necesarios mejora la estructura del suelo. Esto coincide con Flores et al., (2004), cuando plantean que la urea constituye uno de los fertilizantes nitrogenados más empleados en la agricultura, a pesar de tener dos inconvenientes importantes: su gran solubilidad en agua y la posibilidad de sublimar, que provocan grandes pérdidas del fertilizante. Varias investigaciones han mostrado aumento en la disponibilidad de nutrientes usando estiércoles compostados como gallinaza Narváez & Rojas, (1998), lombricompost Galindo, (2012), porquinaza (Li et al., 2012). Otros autores se refieren a que los abonos orgánicos pueden brindar beneficios al adicionarlos a suelos de bajo pH (Gómez Tequia & Tovar Gil, 2008; Toumpeli et al., 2013).

Tabla 20. Rendimiento agrícola en Kg/ha en función de tipos de fertilizantes

SUBTRATAMIENTO	RENDIMIENTO AGRÍCOLA (Kg/ha)
	COSECHA
SIN FERTILIZANTE	4510,5 a
FERTILIZACIÓN QUÍMICA	5075,3 a
FERTILIZACIÓN ORGÁNICA	5174,9 a
VALOR DE F	0,40
NIVEL DE SIGNIFICANCIA	0,68

Tukey  $p \geq 0,05$ . Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos y sub tratamientos para cada variable

### 4.3. ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE EXTRACCIÓN, EXPORTACIÓN Y DEVOLUCIÓN DE NUTRIENTES AL SUELO DE LA VARIEDAD DE MAÍZ TUSILLA EN DOS DISTANCIAS DE SIEMBRA Y FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA

#### 4.3.1. NIVELES DE EXTRACCIÓN, EXPORTACIÓN Y DEVOLUCIÓN DE NUTRIENTES AL SUELOS POR PLANTAS DE MAÍZ TUSILLA EN FUNCIÓN DE LAS DISTANCIAS DE SIEMBRA Y TIPOS DE FERTILIZANTES

Los niveles de extracción, exportación y devolución al suelo de los nutrientes nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre en función de los tratamientos se muestran en la Figura 7. En el caso de los macronutrientes (N, P, K) existió una tendencia numérica a mostrar mayores valores en la menor distancia de siembra, con diferencia estadística únicamente para el contenido de nitrógeno. En la menor distancia 0,80 x 0,20 m se obtuvo una población de 62 500 plantas por hectárea en comparación con la mayor distancia de 0,80 x 0,30 m, lo que presupone una mayor cantidad de volumen de raíces explorando una mayor área de suelo. En los meso nutrientes (Ca, Mg, S) no se encontró diferencia estadística entre los tratamientos los mayores valores fueron el magnesio seguido del calcio.

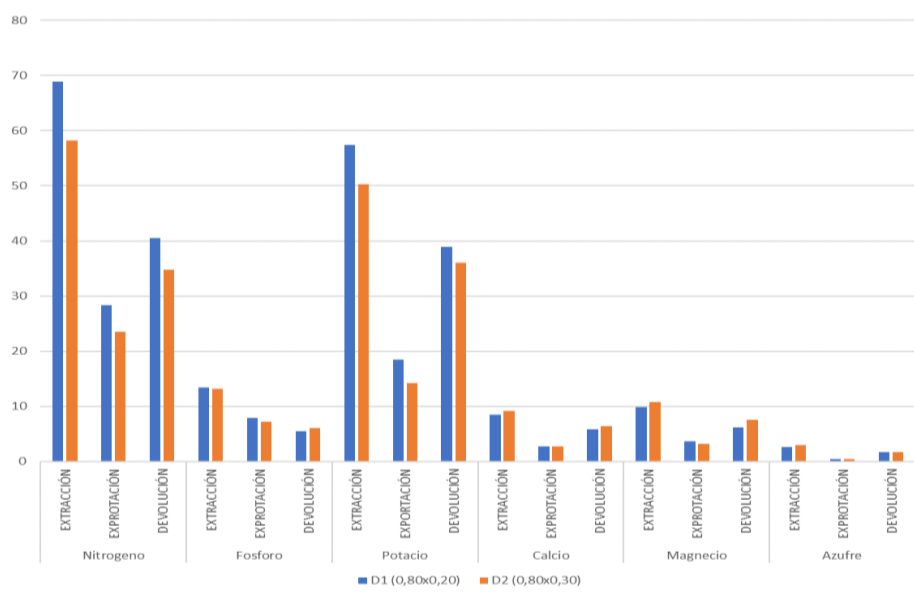


Figura 7. Niveles de extracción, exportación y devolución de macro y micronutrientes según tratamientos.

Puede observarse en las figuras 7 y 8, que del total de elementos extraídos alrededor del 40 al 70 % es devuelto al suelo, lo cual desde el punto de vista práctico es muy importante para el mantenimiento de la fertilidad del suelo y un aspecto a considerar en los futuros planes de fertilización, como lo ha demostrado Cerrato et al., (2007) quien menciona que el eficiente reciclaje racional de nutrientes al suelo ayuda al crecimiento de las plantas y devuelven al suelo muchos de los elementos extraídos durante el proceso productivo.

La figura 8 muestra que los mayores valores de extracción, exportación y devolución de macro nutrientes en función de los subtratamientos se producen cuando se aplica abono orgánico (Compost) sin diferencia estadística con los demás subtratamientos y valores numéricos en el orden de 4 kg/ha más de extracción de nitrógeno y de 2 kg/ha de fósforo y potasio respectivamente. Igual tendencia se obtiene con los niveles de exportación y devolución.

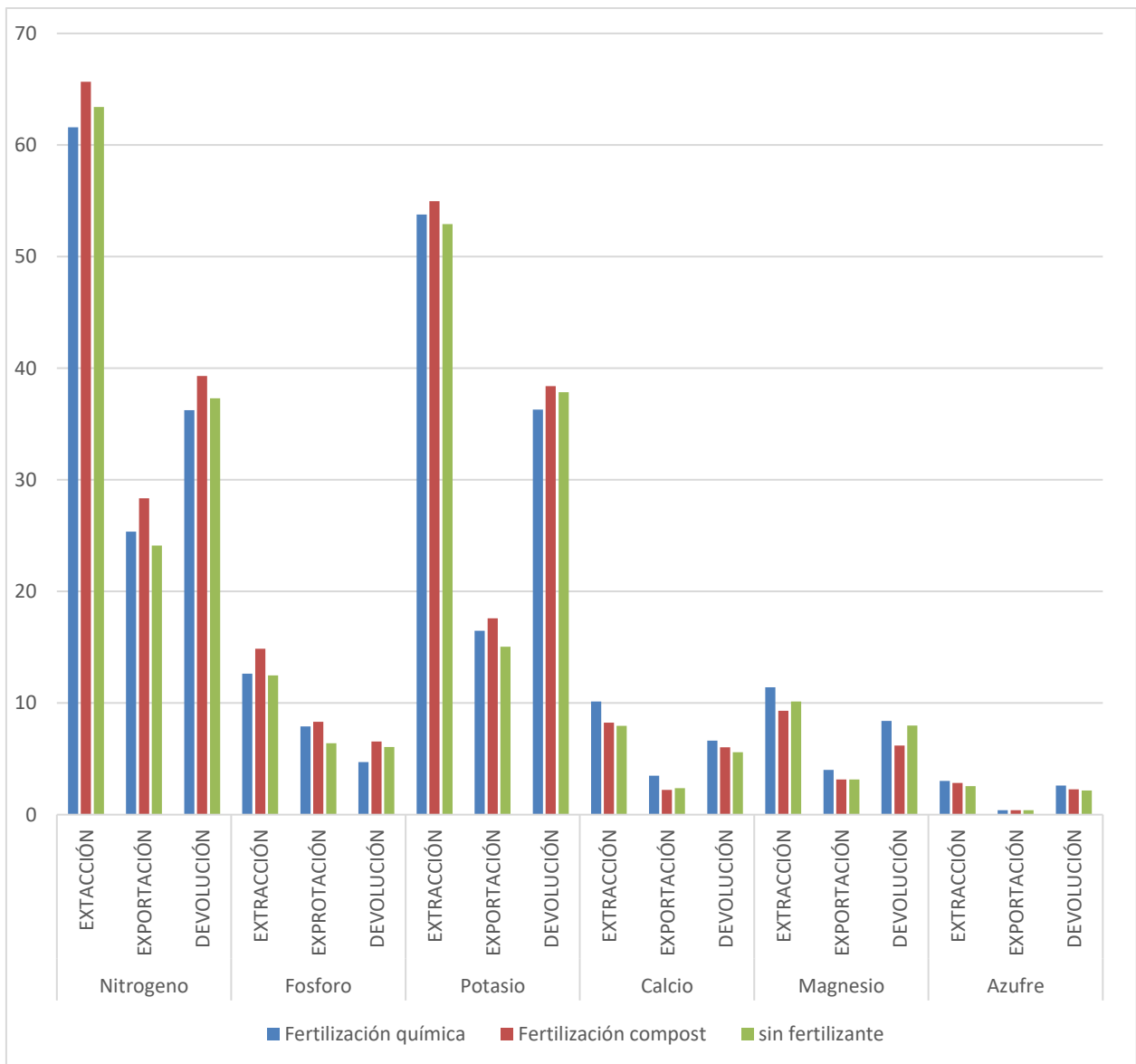
Esto nos demostró que las plantas que se desarrollan en condiciones de abono orgánico como aportador de elementos nutritivos, hacen mayores niveles de extracción de nitrógeno, fósforo y potasio que los utiliza en la formación de su arquitectura foliar en la conformación del rendimiento en granos.)

Una parte importante de estos elementos son devueltos al suelo y ello constituye un aspecto importante en el mantenimiento de la fertilidad del suelo. Resultados similares fueron obtenidos por INTAGRI (2020)

Sin embargo, con los micronutrientes se obtiene un resultado diferente, pues los mayores niveles de extracción, exportación y devolución se presenta con la fertilización química, aunque sin diferencia estadística entre los subtratamientos.

Esto se explica por la mayor disponibilidad de estos elementos desde las primeras fases de desarrollo del cultivo con el fertilizante químico y con ello la posibilidad de que las plantas hagan uso de ellos. Resultados similares fueron obtenidos por INTAGRI (2020).





**Figura 8. Niveles de extracción, exportación y devolución de macro y micronutrientes según sub tratamientos.**

## CONCLUSIONES

1. Las variables altura de la planta, área foliar, potencial fotosintético e índice de productividad foliar del cultivo *Zea mays* L. variedad Tusilla mostraron mejor comportamiento con la fertilización orgánica y en la mayor distancia de siembra de 0,30 X 0,80 m en las condiciones edafoclimáticas de la amazonia ecuatoriana.
2. Con la fertilización orgánica se obtuvo el mayor rendimiento por parcela de 12,42 Kg/24 m<sup>2</sup> y agrícola de 5174,9 kg/ha, muy buenos para el cultivo en las condiciones de la Amazonía Ecuatoriana. La distancia de siembra mayor de 0,80 m x 0,30 metros resulto la de mejor rendimiento biológico de 184,14 g de materia seca/planta.
3. Los niveles de extracción, concentración y devolución de nutrientes al suelo se obtuvieron en la menor distancia de siembra (0,20 m x 0,80 m) donde se devolvió al suelo entre 60 al 70 % de los elementos extraídos.

## **RECOMENDACIONES**

1. Sembrar la variedad de maíz local Tusilla a 0,80 m x 0,30 metros en las condiciones edafoclimáticas de la Amazonia ecuatoriana.
2. Para las condiciones edafoclimáticas de la Amazonia ecuatoriana se recomienda aplicar fertilización orgánica con compost a dosis de 5 600 kg/ha.
3. En futuras investigaciones incluir otros indicadores climáticos y de producción que complementen estos resultados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Abreu, L. S., Bellon, S., Brandenburg, A., Ollivier, G., Lamine, C., Darolt, M. R., & Aventurier, P. (2012). Relações entre agricultura orgânica e agroecologia: desafios atuais em torno dos princípios da agroecologia. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 26.
- Aldama, J. M., Plata, F. S., Bordi, I. V., & Guevara, M. R. (2015). Estrategias para la producción de maíz frente a los impactos del cambio climático. *Revista de ciencias sociales*, 21(4), 538-547.
- Alvarez, D. M. (2015). ECOFISIOLOGÍA DEL CULTIVO DE MAÍZ. *La publicación que se presenta titulado El cultivo de maíz en la provincia de San Luis es un actualizado trabajo de información para la toma de decisiones relacionado con el cultivo. El índice nos señala un recorrido de datos, información y resultados de ensayos demostrativos localizados realizado por un grupo interdisciplinario público-privado.*, 7.
- Andriulo, A., Sasal, C., & Rivero, M. (2001). Los sistemas de producción conservacionistas como mitigadores de la pérdida de carbono orgánico edáfico. *Siembra directa II*.
- Apesteuguía, M., Pérez, J. D., & Orcaray, L. (2017). Uso de abonos orgánicos: una fertilización razonada para el cultivo del maíz. *Navarra agraria*(221), 30-34.
- Arias Gutiérrez, R. I., Carpio Arias, T. V., Herrera Sorzano, A., & González Sousa, R. (2016). Sistema indígena diversificado de cultivos y desarrollo local en la Amazonia Ecuatorian. *Cultivos tropicales*, 37(2), 7-14.
- Arriaga, A. M., Martínez, M. R., Rubiños, J. E., Fernández, D. S., Delgadillo, J., & Vázquez, A. (2020). Propiedades químicas y biológicas de los suelos en milpa intercalada con árboles frutales. *Revista Terra Latinoamericana*, 38(3), 465–474. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.599>
- Atlántida, C.-H., & Godínez, C. M. d. L. (2003). *La agricultura en México: un atlas en blanco y negro*.
- Blanco, Y., & Gonzáles, D. (2021). Influencia de la densidad de población en el cultivo de maíz (*Zea mays*). *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)*, 42(3), 1–12. <http://ediciones.inca.edu.cu>

- Barandiarán Gamarra, M. Á. (2020). Manual Técnico del Cultivo de Maíz Amarillo Duro.
- Berru García, C. D. P. (2015). Efecto de la modalidad y época de cosecha en el rendimiento del híbrido de maíz amarillo duro.
- Benimeli, M., Plasencia, A., Corbella, R., Guevara, D., Sanzano, A., Sosa, F., y Fernández de Ullivari, J. (2019). El nitrógeno en el suelo. Obtenido de Universidad Nacional de Tucumán.
- Blessing Ruiz, D. M., & Hernandez Morrison, G. T. (2009). *Comportamiento de variables de crecimiento y rendimiento en maíz (Zea mays L.) var. NB-6 bajo prácticas de fertilización, orgánica y convencional en la Finca El Plantel 2007-2008* Universidad Nacional Agraria, UNA].
- Bragachini, A. M. M., Méndez, A. A., Scaramuzza, F., Villarroel, D., & Vélez, J. P. (2012). Ensayo de larga duración de manejo de insumos en forma variable. Congreso de Valor Agregado en Origen. 1. Curso Internacional de Agricultura de Precisión. 11. Expo de Máquinas Precisas. 6. 2012 07 18-20, 18, 19 y 20 de julio de 2012. Manfredi, Córdoba. AR.,
- Bragado, L., Sacristán, A. & Cedrún, M. (2014). Efectos de la Fertilización Nitrogenada en el Maíz: Comparación de la siembra directa y el laboreo convencional; determinación de las pérdidas de fertilizantes nitrogenados mediante lixiviación de nitratos. N° 223.
- Bravo, C., Ramírez, A., Marín, H., Torres, B., Alemán, R., Torres, R., Navarrete, H., & Changoluisa, D. (2017). Factores asociados a la fertilidad del suelo en diferentes usos de la tierra de la Región Amazónica Ecuatoriana. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(11), 1-16.
- Cabrera Chávez, A. (2020). Manual Técnico del Cultivo de Maíz Amarillo Duro.[Record #18 is using a reference type undefined in this output style.]
- Castellanos, Z., J. (2020). Manejo Nutricional de Maíz. *Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura (INTAGRI). México.*  
<https://www.intagri.com/articulos/cereales/micronutrientes-en-nutricion-de-maiz>
- Castellanos, M., Valdés, R., López, A., & Guridi, F. (2017). Mediciones de índices de verdor relacionadas con área foliar y productividad de híbrido de maíz. *Cultivos Tropicales*, 38(3), 112–116.

- Cerrato, M., Leblanc, H., & Kameko, C. (2007). Potencial de mineralización de nitrógeno de Bokashi, compost y lombricompost producidos en la Universidad Earth. *Tierra Tropical*, 3(2), 183-197.
- Chacón, M. d. C. G., López, G. D., & Hernández, S. C. (2014). El abono verde una vía a la sostenibilidad de la producción arrocerá. *Avances*, 16(2), 134-143.
- Chamba, M., Cordero, F., & Vásquez, E. (2017). Implicaciones sociales, técnicas y económicas de la comercialización de *zea mays* l.(maíz) en el cantón espíndola, provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 7(2).
- Chura, J., Mendoza-Cortez, J., & de la Cruz, J. (2019). Doses and splitting of nitrogen in two sowing densities of the Flint yellow maize hybrid. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 241-248.
- Committee, S. S. G. T., & America, S. S. S. o. (2008). *Glossary of soil science terms 2008*. ASA-CSSA-SSSA.
- Cordero Ruíz, J. R. (2012). *Obtención de mote a partir de maíz (Zea mays L.) variedad Iniap-111 guagal mejorado, mediante la utilización de diferentes niveles de hidróxido de calcio cal-p24 y control de tiempos de cocción, para la remoción de la cutícula* Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela ...].
- Díaz del Pino, A. (1964). *El Maíz; cultivo, fertilización, cosecha*.
- FAO. (2001). *Producción y protección vegetal* (Vol. 120). FAO, Roma (Italia).
- FAO. (2006). *El maíz en la nutrición humana*. FAO, Roma (Italia).
- Fassio, A., Carriquiry, A. I., Tojo, C., & Romero, R. (1998). Maíz, aspectos sobre fenología, Alberto Fassio, Ana Inés Carriquiry, Cecilia Tojo, Ricardo Romero. *Serie técnica*, 101.
- Fernández, O. (1982). Manejo integrado de malezas. *Planta daninha*, 5, 69-79.
- Flores, D., García, T., Martínez, R., Martínez, A., López, A., & Ruiz, E. (2004). Síntesis y aplicación del producto de condensación de la urea con el furfural en el cultivo de maíz. *Cultivos tropicales*, 25(1), 83-87.
- Galantini, J., Iglesias, J., Cutini, L., Krüger, H., & Venanzi, S. (2004). Sistemas de labranzas: efecto sobre las fracciones orgánicas. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Paraná. Resumen,

- Galindo Jaguaco, W. R. (2012). Efecto de dos dosis de abonos orgánicos en el desarrollo y un componente del rendimiento del cultivo de la soya (*glycine max (l.) merril*), en áreas de la universidad de Granma.
- Galindo, W. (2012). Efecto de dos dosis de abonos orgánicos en el desarrollo y un componente del rendimiento del cultivo de la soya (*Glycine max (L.) Merrill*), en áreas de la Universidad de Granma, 37pp. *Latacunga: Universidad Tecnica de Cotopaxi*.
- García-Rodríguez, J. G., Mendoza-Elos, M., Cervantes-Ortiz, F., Ramirez-Pimentel, J. G., Agrirre-Mancilla, C. L., Gracia-Perea, M. A., Figueroa-Rivera, M. G., Rodriguez-Perez, G., & Rodríguez-Herrera, S. A. (2019). Adaptabilidad de híbridos precomerciales tropicales de maíz en el Bajío de Guanajuato, México. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 10(1), 57-65.
- García, C. (2006). Uso de Abonos Verdes en Cultivos Agrícolas; Guía Técnica No.10. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agrarian.
- Gómez, C. O., Betancourth, F. O., Martínez, F. T., & Burbano, T. C. L. (2010). Comportamiento agronómico de siete genotipos de maíz amarillo *Zea mays L.* bajo condiciones de clima medio en el Departamento de Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 27(1), 18-26.
- Gómez Tequia, A. N., & Tovar Gil, X. d. P. (2008). Elaboración de un abono orgánico fermentado a partir de residuos de flores (pétalos de rosa) y su caracterización para uso en la producción de albahaca (*Ocimum basilicum L.*).
- Granados Ramírez, R., & Sarabia Rodríguez, A. A. (2013). Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(3), 435-446.
- Guerrero Morales, S., Trinidad Santos, A., Barra, E., Daseso, J., & Martínez Garza, A. (1987). *Fertilización del maíz (Zea mays) con porqueraza y su efecto residual en un andisol de la Sierra Purépecha*.
- Gueçaimburu, J., Vázquez, J., Tancredi, F., Reposo, G., Rojo, V., Martínez, M., y Introcaso, R. (2019). Evolución del fósforo disponible a distintos niveles de compactación por Tráfico Agrícola en un Argiudol Típico. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 81-89.
- Guevara-Escobar, A., Barcenas-Huante, G., Salazar-Martínez, F. R., González-Sosa, E., & Suzán-Azpiri, H. (2005). Alta densidad de siembra en la producción de maíz con irrigación por goteo subsuperficial. *Agrociencia*, 39(4), 431-439.

- Hernández, N., & Soto, F. (2013). Determinación de índices de eficiencia en los cultivos de maíz y sorgo establecidos en diferentes fechas de siembra y su influencia sobre el rendimiento. *Cultivos Tropicales*. <http://www.ediciones.inca.edu.cu>
- Hörbe, T. d. A., Amado, T., Ferreira, A. d. O., & Alba, P. (2013). Optimization of corn plant population according to management zones in Southern Brazil. *Precision Agriculture*, 14(4), 450-465.
- Iglesias Abad, S., Alegre Orihuela, J., Salas Macias, C., & Egüez Moreno, J. (2018). Corn yield (*Zea mays* L.) improves with the use of Eucalyptus biochar. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 25-32.
- INTAGRI. (2017). Fijación de Potasio en el Suelo. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/fijacion-de-potasio-en-el-suelo>
- INTAGRI. (2017). Uso Eficiente del Fósforo en la Agricultura. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/uso-eficiente-del-fosforo-en-laagricultura>
- Kato, T. Á., Mapes, C., Mera, L. M., Serratos, J. A., & Bye, R. A. (2009). Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. *Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. México, DF, 116.
- Lastra, Ó. R. E., Luna, L. A. L., & Buñay, A. P. (2021). El emprendimiento rural post Covid-19: consideraciones para una recuperación económica sostenible. *Universidad y Sociedad*, 13(S1), 443-451.
- Li, X., Dong, C., Liu, Y., Liu, Y., Shen, Q., & Xu, Y. (2012). Interactive effects from combining inorganic and organic fertilisers on phosphorus availability. *Soil Research*, 50(7), 607-615.
- Mansilla, P. S. (2018). Evaluación del valor nutricional de maíces especiales (*Zea mays* L.): selección para calidad agroalimentaria.
- Martínez, L., Aguilar, C., Carcaño. Moisés, Galdámez, J., Gutierrez, A., Morales, J., Martínez, F., Martínez, J., & Gómez, E. (2018). Biofertilización y fertilización química en maíz (*Zea mays* l.) en Villaflores, Chiapas, México. *Maestría En Ciencias En Producción Agropecuaria Tropical*, 5(1), 26–37.



- Matheus, J. (2004). Evaluación agronómica del uso de compost de residuos de la industria azucarera (biofertilizante) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Bioagro*, 16(3), 219-224.
- Medina, A. J., Alejo, G., Soto, J. M., & Hernández, M. (2018). Rendimiento de maíz grano con y sin fertilización en el estado de Campeche. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 21, 4306–4316. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i21.1532>.
- Mera-Ovando, L., & Mapes-Sánchez, C. (2009). El maíz. Aspectos biológicos. *Origen y Diversificación del Maíz: Una Revisión Analítica*. TA Kato, C Mapes, LM Mera, JA Serratos, RA Bye (eds). *Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. Editorial Impresora Apolo, SA de CVDF, México. pp*, 19-32.
- Meza Carranco, Z. (2005). *Evaluación de variedades de maíz y densidad de siembra en la producción de forraje verde hidropónico* Universidad Autónoma de Nuevo León].
- Monasterio, P., García, P., Alejos, G., Pérez, A., Tablante, J., Maturét, W., & Rodríguez, L. (2007). Propuesta para la evaluación fenológica del cultivo de maíz en Venezuela. *Revista Ciencia y Producción Vegetal*, 59-68.
- Montejo-Martínez, D., Casanova-Lugo, F., García-Gómez, M., Oros-Ortega, I., Díaz-Echeverría, V., & Morales-Maldonado, E. R. (2018). Respuesta foliar y radical del maíz a la fertilización biológica-química en un suelo Luvisol. *Agronomía Mesoamericana*, 29(2), 325-341.
- Mtz, J. D. L., Estrada, A. D., Rubin, E. M., & Cepeda, R. D. V. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra latinoamericana*, 19(4), 293-299.
- Narváez, C., & Rojas, L. (1998). Retención de aluminio por materiales orgánicos y efecto de estos sobre un cultivo de maíz, 80pp. *Trabajo de grado, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia*.
- Noriega, N. (2001). Siembra y abonamiento del maíz amarillo duro.
- Paolilli, M. C., Cabrini, S. M., Fillat, F. A., & Pagliaricci, L. O. (2021). *Evolución de la cadena de maíz en Argentina* (Indicadores económicos e informes técnicos. Informes técnicos / EEA Pergamino Issue 2718-6210). <https://inta.gob.ar/documentos/evolucion-de-la-cadena-de-maiz-en-argentina>

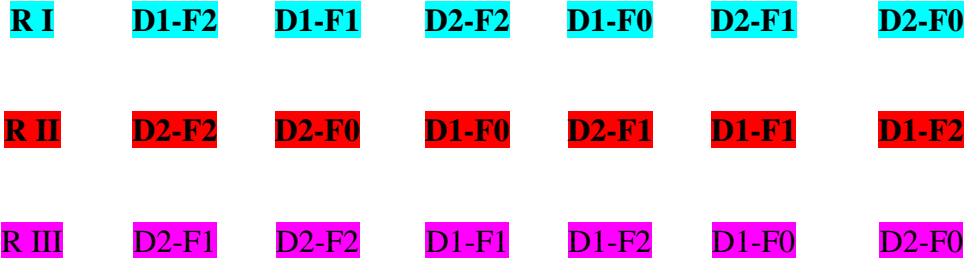
- Pérez, R. A., Medina, C. B., & Clua, M. F. (2018). *Fertilización orgánica en cultivos de lechuga (Lactuca sativa L) y rábano (Raphanus sativus L) en la Amazonía ecuatoriana*. Edición Associació Catalana d'Enginyera Sense Fronteres.
- Pumisacho, M., & Sherwood, S. (2002). *El cultivo de la papa en Ecuador*. Editorial Abya Yala.
- Quevedo, Y., Barragan, E., & Beltran, J. (2015). Efecto de altas densidades de siembra sobre el híbrido de maíz (Zea mays L.) Impacto. *Revista Scientia Agroalimentaria*, 2, 18–24.
- Quiroga, A., Fernandez, R., Funaro, D., & Peinemann, N. (2008). Materia orgánica en Molisoles de la región semiárida pampeana. Influencia sobre propiedades físicas y productividad. *Estudio de las fracciones orgánicas en suelos de la Argentina*, 97-116.
- Ramírez, A., González, J., Andrade, V., & Torres, V. (2016). Efecto de los tiempos de conservación a temperatura ambiente, en la calidad del huevo de gallinas camperas (Gallus domesticus) en la Amazonia Ecuatoriana. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 17(12), 1-17.
- Ríos, G., García-Brunton, J., Naval, M. M., Zuriaga, E., Conejero, A., Lloret, A., Gil-Muñoz, F., & Badenes, M. L. (2016). Fenología de frutales y adaptación a climas cambiantes. *Agrícola Vergel*(395), 241-243.
- Rodríguez, J., Landin, W., Carreño, D., Galarza, F., Herrera, G., Cárdenas, A., Correa, J., & Orozco, J. (2020). Maíz variedad DAS 3383, La Troncal-Ecuador Effect of 3 forms of fertilization on corn cultivation variety, La Troncal-Ecuador. *Revista Colombiana de Ciencia Animal RECIA*, 0.
- Rojas, Y. (2018). Influencia del índice de cosecha en las variedades de maíz morado PMV-582 y Morado canteño en el distrito de Motupe. Tesis de Grado, 137.
- Ron-Parra, J., Sánchez-González, J., Jiménez-Cordero, A., Carrera-Valtierra, J., Martin-Lopez, J., Morales-Rivera, M., De La Cruz-Larios, L., de la Peña, S. H., Mena-Munguía, S., & Rodríguez-Flores, J. (2006). Maíces nativos del occidente de México I. *Colectas 2004. Scientia-CUCBA*, 8(1), 1-139.
- Sánchez, D. G. R., Mascorro, A. G., & Amaya, J. S. C. (2000). Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. *Revista fitotecnia mexicana*, 23(1), 37-47.
- Sánchez, M. Á., Aguilar, C. U., Valenzuela, Nicolás, & Hernández, cesar. (2011). Densidad de

- siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agronomía Mesoamericana*, 22. Recuperado de <https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-13212011000200005&script=sciarttext>
- Sánchez Ortega, I., & Pérez-Urria Carril, E. (2014). Maíz i (zea mays). *REDUCA Biología*, 7(2), 151-171.
- Sattin, M., Berti, A., & Labrada, R. (2004). Parámetros para la competencia malezas-cultivos.
- Schnitzer, M. (1999). A lifetime perspective on the chemistry of soil organic matter. *Advances in agronomy*, 68, 1-58.
- Segura, M., & Andrade, L. (2011). Efecto de las condiciones agrometeorológicas sobre un cultivar criollo y dos híbridos de maíz en cuatro fechas de siembra. *Informe Técnico de Proyecto de Investigación. Escuela Politécnica del Ejército. Santo Domingo-Ecuador.*
- Silva, C., Morillo, E., Yáñez, C., Proaño, K., & Taípe, M. (2014). Caracterización molecular de las razas de canguil, tusilla y mezclas del banco de trabajo del programa de maíz del INIAP. Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE,
- Socorro, M., & Martín, D. (1989). Granos. *Editorial Pueblo y Educación, Ciudad de la Habana.*
- Solórzano, P. (1999). Crecimiento de la planta de arroz y acumulación de NPK a lo largo de su ciclo de vida. Calabozo-Guárico, Venezuela. Trabajo presentado en el XV Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo,
- Steven 2019. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6881/TE-UTB-FACIAGING%20AGRON-000218.pdf?sequence=1>
- Strieder, M. L., Silva, P. R. F. d., Rambo, L., Sangoi, L., Silva, A. A. d., Endrigo, P. C., & Jandrey, D. B. (2008). Crop management systems and maize grain yield under narrow row spacing. *Scientia Agricola*, 65(4), 346-353.
- Subedi, K., Ma, B., & Smith, D. (2006). Response of a leafy and non-leafy maize hybrid to population densities and fertilizer nitrogen levels. *Crop Science*, 46(5), 1860-1869.
- Tinoco Alfaro, C. A., Ramírez Fonseca, A., Villarreal Farías, E., & Ruiz Corral, A. (2008). Arreglo espacial de híbridos de maíz, índice de área foliar y rendimiento. *Agricultura técnica en México*, 34(3), 271-278.
- Toumpeli, A., Pavlatou-Ve, A. K., Kostopoulou, S. K., Mamolos, A. P., Siomos, A. S., & Kalburtji, K. L. (2013). Composting *Phragmites australis* Cav. plant material and compost effects on soil and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) growth. *Journal of Environmental Management*, 128, 243-251.

- Valarezo, P. (2017). “Evaluación de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.) con tres distancias de siembra. Universidad de Guayaquil . *Tesis de grado*. (Issue 1). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Van Bueren, E. T. L., & Myers, J. R. (2012). *Organic crop breeding*. John Wiley & Sons.
- Vélez, M. J. C. (2012). Consultoria sobre productividad del sector agropecuario ecuatoriano con énfasis en banano, cacao, arroz y maíz duro. *Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural*.
- Vega-Muñoz, R., J.A. Escalante-Estrada, P. Sánchez-García, C. Ramírez-Ayala y E. Cuenca-Adame. 2001. Asignación de biomasa y rendimiento de girasol con relación al nitrógeno y densidad de población. *Terra* 19: 75-81.
- Villaseca, S., & Novoa, R. (1987). Requerimiento: de suelo y clima del maíz. *IPA La platina*, 43, 38-40.
- Yáñez, D., Valverde, F., & Cartagena Ayala, Y. E. (2010). Evaluación del elemento faltante en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la Provincia Bolívar.
- Yáñez, G. (2007). Manual de producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras 2007.
- Yáñez, G. (2013). Guía de producción de maíz de altura para pequeños agricultores y agricultoras. Guía N° 96 2013.

## ANEXOS

### Anexo 1 Diseño de bloques al azar en arreglo bifactorial 2x3



Fuente. Propia (2017)

### Anexo 2 Análisis de suelo

**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24  
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

#### REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO			DATOS DE LA PROPIEDAD			PARA USO DEL LABORATORIO		
Nombre : Freile Almeida Jorge Antonio	Nombre : U. Estatal Amazónica	Cultivo Actual :	Dirección : jfreilecipca@gmail.com	Provincia : Pastaza	N° Reporte : 2596	Ciudad : Puyo	Cantón : Puyo	Fecha de Muestreo : 12/07/2017
Teléfono : jfreile@uea.edu.ec	Parroquia :	Fecha de Ingreso : 12/07/2017	Fax :	Ubicación :	Fecha de Salida : 03/08/2017			

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm			meq/100ml			ppm																	
	Identificación	Area		NH <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B													
85458	Muestra 1 0-20		5,1	Ac	RC	34	M	11	M	0,22	M	5	M	0,6	B	12	M	0,8	B	6,6	A	173	A	13,0	M	0,21	B
85459	Muestra 2 20-30		5,0	Ac	RC	30	M	4	B	0,26	M	4	M	0,5	B	8	B	0,5	B	4,8	A	107	A	17,8	A	0,78	M



INTERPRETACION				METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES	
pH				= Suelo: agua (1:2,5)		Olsen Modificado	
<b>M</b> Ac = Muy Acido	<b>L</b> Ac = Liger. Acido	<b>L</b> Al = Lige Alcalino	<b>RC</b> = Requiere Cal	<b>B</b> = Bajo	<b>N,P,B</b> = Colorimetria	<b>N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn</b>	
<b>A</b> c = Acido	<b>P</b> N = Prac. Neutro	<b>M</b> eAl = Media. Alcalino		<b>M</b> = Medio	<b>S</b> = Turbidimetria	Fosfato de Calcio Monobásico	
<b>M</b> eAc = Media. Acido	<b>N</b> = Neutro	<b>A</b> l = Alcalino		<b>A</b> = Alto	<b>K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn</b> = Absorción atómica	<b>B,S</b>	

*x. w. [Signature]*  
**LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS**

La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados

*+ [Signature]*  
**RESPONSABLE LABORATORIO**

Anexo 3. Resultados de análisis de Compost-Procedencia CEIPA.

MINERAL	MÉTODO	U	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN	CRITERIO DE ACEPTACIÓN
N	KJEDAHL	%	3,15	3,9	CUMPLE
P2 O5	AA (llamas)	%	1,95	2	CUMPLE
K2O	AA (llamas)	%	1,25	1,50	CUMPLE
CARBO/OXIG	KJEDAHL	Gr/l	2,5	330,7	CUMPLE
Mg	AA (llamas)	mg/100g	279,15	350	CUMPLE
Ca	AA (llamas)	mg/100g	710,33	900	CUMPLE

Fuente. Agrocalidad (2017).

**Anexo 4. Tratamientos del experimento en campo.**

Tratamientos	Descripción
D1	Sin fertilización, con distancia 0,20 m x 0,80 m.
D2	Sin fertilización, con distancia 0,30 m x 0,80 m.
D1-F1	0,20 m x 0,80 m, con fertilización química. 168-48-0
D1-F2	0,20 m x 0,80 m, con fertilización orgánica.
D2-F1	0,30 m x 0,80 m, con fertilización química. 168-48-0
D2-F2	0,30 m x 0,80 m, con fertilización orgánica.

Fuente. Propia (2017)

**Anexo 5. Identificación de plantas a evaluar.**

Color	Planta
Blanco	1
Negro	2
Verde	3
Rojo	4
Azul	5

Fuente. Propia (2017).

MEMORIA DE FOTOS



